

Экономика промышленности

Ежеквартальный научно-производственный журнал

2025, т. 18, № 4

Миссия журнала – способствовать теоретическому обоснованию, разработке и практической реализации наиболее эффективных индустриальных стратегий предприятиями и организациями горно-металлургического комплекса и в целом отраслями тяжелой промышленности. Журнал фокусирован на инновационном развитии и новом динамизме индустрии производственно-потребительского цикла. На страницах журнала анализируется опыт инновационного развития и реализации конкурентных преимуществ высокой социальной значимости, как индустриальных гигантов, так и предприятий малого и среднего бизнеса. Журнал ориентирован на анализ и использование передовых достижений отечественной и мировой экономической науки и стратегической мысли.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

В.Л. Квинт – академик, иностранный член РАН, д-р экон. наук, проф., лауреат премии имени М.В. Ломоносова Первой степени, заслуженный работник высшей школы РФ, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

А.В. Митенков – д-р экон. наук, проф., кафедры экономики, директор института ЭУПП, НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

И.В. Новикова – д-р экон. наук, доцент, проф. кафедры экономической и финансовой стратегии МШЭ, МГУ имени М.В. Ломоносова, НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

А.Б. Крельберг – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

УЧРЕДИТЕЛИ



МИСИС
УНИВЕРСИТЕТ
НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Федеральное государственное
автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС»



Акционерное общество
«Объединенная металлургическая
компания»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И.Г. Ахметова – д-р техн. наук, проф., проректор Казанского государственного энергетического университета, директор Института цифровых технологий и экономики, г. Казань, Российская Федерация

А.Р. Бахтизин – член-корр. РАН, д-р экон. наук, проф., директор, Центральный экономико-математический институт, г. Москва, Российская Федерация

А.В. Дуб – д-р техн. наук, проф., лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, лауреат премии Президиума РАН им. П.П. Аносова, лауреат Государственной премии РФ в области науки и технологий, генеральный директор АО «Наука и инновации», г. Москва, Российская Федерация

Н.К. Еремина – Президент АО «ОМК», г. Москва, Российская Федерация

Ж.А. Ермакова – член-корр. РАН, д-р экон. наук, проф., Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Российская Федерация

Нье Йонгью – декан Школы экономики, Шанхайский университет, Китайская Народная Республика

Д.М. Журавлев – д-р экон. наук, доц., Научно-исследовательский институт социальных систем при МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Ю.Ю. Костохин – д-р экон. наук, проф., НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

В.А. Крюков – академик РАН, д-р экон. наук, проф., директор Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

В.Н. Лившиц – д-р экон. наук, проф., заслуженный деятель науки и техники РСФСР, ФИЦ «Информатика и управление» РАН, г. Москва, Российская Федерация

В.Л. Макаров – академик РАН, д-р физ.-мат. наук, проф., научный руководитель, Центральный экономико-математический институт, г. Москва, Российская Федерация

А.В. Мясков – д-р экон. наук, проф., директор Горного института, НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

В.В. Окрепилов – академик РАН, д-р экон. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Выходит с 2008 года

Журнал включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук», в ВИНТИИ, РИНЦ, Ulrich's Periodicals Directory

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» – 82377

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, рег. ПИ № ФС77-82209 от 26.10.2021 г., пред. рег. ПИ № ФС77-41503 от 30.06.2010, перв. регистр. ПИ № ФС77-32327 от 09.07.2008.



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

© НИТУ МИСИС, 2025

Технические редакторы: А.А. Космынина, Н.Э. Хотинская

Переводчики: И.А. Макарова (английский язык),
Юй Айхуа (китайский язык)

Компьютерная верстка, оформление обложки: Т.А. Лоскутова

Адрес редакции:

119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, НИТУ МИСИС

Тел./Факс: 8 (499) 236-16-87

Сайт: <https://ecoprom.misis.ru/>

E-mail: ecoprom@missis.ru, ecoprom.misis@mail.ru

Подписано в печать 11.12.2025, формат 60×90 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 20,25. Заказ № 23684.

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСИС,

119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1

Russian Journal of Industrial Economics

Quarterly research and production journal

2025, vol. 18, no. 4

The mission of the Russian Journal of Industrial Economics is to contribute to the theoretical proof and evidence, development and practical implementation of the most effective industrial strategies by enterprises and organizations of the mining – metallurgical complex, and by heavy industry as a whole. The Journal is focused on the innovative development and new dynamism of the manufacturing – consumer cycle. The pages of the Journal analyze the experience of innovative development and realization of strategic competitive advantages of high social significance, both industrial giants and small and medium-sized enterprises. The trials of innovative development and the implementation of competitive advantages of great social significance are analyzed on the pages of the Journal, including those of industrial giants and small and medium sized enterprises. The Journal is focused on the analysis and practical use of advanced achievements of domestic and world economic science and strategic thought.

EDITOR-IN-CHIEF

Vladimir L. Kvint – Academician, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Honored Fellow of Higher Education of the Russian Federation, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

DEPUTY OF THE EDITOR-IN-CHIEF

Alexey V. Mitenkov – Dr.Sci.(Econ.), Professor of Economy Department, Director of the Institute of Industrial Economics, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

Irina V. Novikova – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Economic and Financial Strategy Department at Lomonosov Moscow State University' Moscow School of Economics, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

EXECUTIVE EDITOR

Alla B. Krel'berg – Ph.D(Eng.), Senior Researcher, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

FOUNDERS



MISIS
UNIVERSITY

National University of Science and Technology "MISIS"



Closed Joint Stock Company
"United Metallurgical Company"

EDITORIAL BOARD

Irina G. Akhmetova – Dr.Sci.(Eng.), Director of the Institute of Digital Technologies and Economics, State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

Al'bert R. Bakhtizin – Corresponding Member RAS, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Director, Central Economic Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Alevtina A. Chernikova – Dr.Sci.(Econ.), Professor, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

Alexei V. Dub – Dr.Sci.(Eng.), Professor, Nauka i Innovatsii, Moscow, Russian Federation

Nataliya K. Eriomina – President of OMK, Moscow, Russian Federation

Zhanna A. Ermakova – Corresponding Member RAS, Dr.Sci. (Econ.), Professor, Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

Dean Fantazzini – Ph.D, Dr.Sci.(Econ.), Moscow School of Economics, Moscow, Russian Federation

Robert Hauswald – Dr.Sci.(Econ.), Professor, American University, Washington D.C., USA

Nie Yongyou – Professor, Dean of the School of Economics, Shanghai University, Shanghai, People's Republic of China

Yuriy Yu. Kostukhin – Dr.Sci.(Econ.), Professor, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

Valery A. Kryukov – academician of the RAS, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Director of Institute of Economics and Industrial Engineering of Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Veniamin N. Livchits – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Honored Worker of Science and Technology of the RSFSR, FITS Informatics and Management RAS, Moscow, Russian Federation

Valeriy L. Makarov – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sci.(Phys.-Math.), Professor, Research Director, Central Economic Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Alexander V. Myaskov – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Director of Mining Institute, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

Vladimir V. Okrepilov – Academician, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg, Russian Federation

Svetlana N. Rastvortseva – Dr.Sci.(Econ.), Professor, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russian Federation

Jacques Sapir – Director of Studies, EHESS-Paris, Head of the CEMI-IFAE team, Foreign Member of the Russian Academy of Science, Paris, France

Nikita I. Sasaev – Dr.Sci.(Econ.), Associate Professor, Economic and Financial Strategy Department at Lomonosov Moscow State University' Moscow School of Economics, Moscow, Russian Federation

Anatoly M. Sedykh – Ph.D, JSC United Metallurgical Company, Moscow, Russian Federation

Irina V. Shatskaya – Dr.Sci.(Econ.), Associate Professor, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russian Federation

Alexander A. Shirov – Dr.Sci.(Econ.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of Institute for Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Yuliya I. Shkhiyants – Executive Director of ISC Stroytransgaz, Moscow, Russian Federation

Yurii A. Shcherbanin – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Head of the Department of Oil and Gas Trading and Logistics, Gubkin University, Moscow, Russian Federation

Elena V. Shkarupeta – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

Nadezhda V. Shmeleva – Dr.Sci.(Econ.), Associate Professor, Department of Industrial Strategy, National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russian Federation

Tatyana O. Tolstykh – Dr.Sci.(Econ.), Professor, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

Sergey E. Tsivilev – Minister of Energy of the Russian Federation, Ministry of Energy of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

Denis M. Zhuravlev – Dr.Sci.(Econ.), Associate Professor, Research Institute of Social Systems at Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Usef J. Ugras – Dr.Sci.(Econ.), Professor, LaSalle University, USA

Marat N. Uzyakov – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Deputy Director of the Institute for Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Oleg V. Yuzov – Dr.Sci.(Eng.), Professor, JSC United Metallurgical Company, Moscow, Russian Federation

Founded in 2008

Indexation: VINITI, Russian Scientific Citation Index, Ulrich's Periodicals Directory



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution 4.0 License.

© NUST MISIS, 2025

Publisher: National University of Science and Technology "MISIS"

Mailing address: 4, build. 1 Leninsky Ave., Moscow 119049, Russia

Phone / Fax: +7 (499) 236-16-87

Web: <https://ecoprom.misis.ru/>

E-mail: ecoprom@misis.ru, ecoprom.misis@mail.ru

Responsible for content in English: I.A. Makarova

工业经济

科学与生产季刊

第18卷, 2025年第4期

《工业经济》期刊的使命是促进采矿冶金综合体的企业和组织乃至整个重工业理论论证、开发和实际实施最有效的产业战略。期刊侧重于生产和消费周期行业的创新发展和新活力。期刊分析具有较高社会意义的创新发展和实施竞争优势的经验，无论是工业巨头还是中小型企业。 期刊着重分析和运用国内外经济科学和战略思想的先进成果。

《工业经济》的目标受众是各个生产领域的战略领导者、高级和中层管理人员、科学家、工程师、经济学家和实践者，其生产领域的数字化、技术机器人化和其它创新变革旨在改善人们的生活质量

《工业经济》的原则是对俄罗斯和整个国际社会的科学家和实践家免费开放，可自由访问其内容。期刊页面是讨论经济科学的最新成果、实施先进技术的实践和产业战略规划的平台。

主编

昆特·弗·利 - 俄罗斯科学院外国成员, 经济学博士, 教授, 罗蒙诺索夫科学工作一等奖获得者, 俄罗斯联邦高等学校荣誉工作者, 莫斯科罗蒙诺索夫国立大学经济学, 国立研究型技术大学MISIS, 莫斯科市

副主编

米岑科夫·阿·弗 - 哲学副博士, 国立研究型技术大学MISIS 经济与工业企业管理学院院长, 俄罗斯联邦, 莫斯科市

诺维科娃·伊·维 - 经济学博士, 莫斯科罗蒙诺索夫国立大学莫斯科经济学院经济与金融战略系教授, 国立研究型技术大学MISIS, 俄罗斯联邦, 莫斯科

执行秘书

克列尔贝格·阿·鲍 - 副技术博士, 国立研究型技术大学MISIS高级研究员, 莫斯科市

创始人



MISIS
UNIVERSITY

联邦国立自治高等教育机构国立研究型
技术大学MISIS



俄罗斯联合冶金公司

编辑委员会

阿赫梅托娃·伊·加 - 技术科学博士, 教授, 喀山国立动力大学副校长, 数字技术与经济学院院长, 喀山市

巴赫季京·阿·劳 - 俄罗斯科学院通讯院士, 经济学博士, 教授, 俄罗斯中央经济数学研究所所长, 莫斯科市

杜博·阿·弗 - 技术科学博士, 教授, 俄罗斯联邦政府科学技术奖获得者, 俄罗斯科学院主席团阿诺索娃娃奖获得者, 俄罗斯联邦科学技术领域国家奖获得者, 科学与创新股份公司总经理, 莫斯科市

埃雷米纳·N.K. - 俄罗斯联合冶金公司 (OMK) 总裁, 俄罗斯联邦莫斯科。

葉爾馬科娃·Z.A. - 俄羅斯科學院通訊院士, 經濟學博士, 奧倫堡國立大學教授, 俄羅斯聯邦奧倫堡

聂永有 - 教授, 上海大学 (中国) 经济学院执行院长。

朱拉夫列夫·D.M. - 经济学博士、副教授、莫斯科罗蒙诺索夫国立大学社会系统研究所, 俄罗斯联邦, 莫斯科

科斯秋欣·尤·尤 - 经济学博士, 国立研究型技术大学 MISIS 校长, 莫斯科

克留科夫·V.A. - 瓦列里·阿纳托利耶维奇, 俄罗斯科学院院士, 经济学博士, 教授, 俄罗斯科学院西伯利亚分院经济与工业工程研究所所长。

利夫希茨·维·纳 - 经济学博士, 教授, 俄罗斯苏维埃社会主义共和国荣誉科学技术工作者, 俄罗斯科学院联邦信息与管理研究中心, 莫斯科市

马卡罗夫·瓦·列 - 俄罗斯科学院院士, 物理-数学科学博士, 教授, 导师, 中央经济与数学研究所, 莫斯科市

米亚斯科夫·亚·维 - 经济学博士, 教授, 国立研究型技术大学MISIS矿学院院长, 莫斯科市

奥克列皮洛夫·弗·瓦 - 俄罗斯科学院院士, 经济学博士, 教授, 圣彼得堡国立航空航天大学, 圣彼得堡

拉斯特沃尔彩瓦·斯·尼 - 经济学博士, 高等经济学院教授, 莫斯科市

雅克·萨皮尔 - 法国社会科学高等研究院教授 (法国)

萨萨耶夫·N.I. - 经济学博士, 莫斯科罗蒙诺索夫国立大学莫斯科经济学院经济与金融战略系副教授, 俄罗斯联邦莫斯科

谢得赫·阿·米 - 经济学副博士, 联合冶金公司, 莫斯科市

托尔斯得赫·塔·奥 - 经济学博士, 国立研究型技术大学MISIS工业管理系教授, 莫斯科市

优素福·约瑟夫·乌格拉斯 - 经济学博士, 拉萨尔大学教授 (美国)

乌齐亚科夫·马·纳 - 经济学博士, 教授, 俄罗斯科学院国民经济预测研究所副所长 莫斯科市

狄恩·凡塔齐尼 - PhD, 经济学副博士, 副教授, 莫斯科国立大学经济学院计量经济学和数学方法系副主任, 莫斯科市

罗伯特·豪斯瓦尔德 - 教授, 华盛顿大学(美国)

謝爾蓋·葉夫根尼耶維奇·齊維列夫 - 俄羅斯聯邦能源部部長, 俄羅斯聯邦能源部, 俄羅斯聯邦莫斯科

切尔尼科娃·阿·阿 - 经济学博士, 教授, 国立研究型技术大学 MISIS校长, 莫斯科

希洛夫·亚·亚 - 经济学博士, 俄罗斯科学院通讯院士, 俄罗斯科学院国民经济预测研究所副所长, 莫斯科市

斯卡卢佩塔·叶·维 - 经济学博士, 沃罗涅日国立技术大学教授, 沃罗涅日市

施赫洋茨·尤·伊 - 天然气建筑与输送公司 (Stroytransgaz) 执行经理, 俄罗斯联邦莫斯科

谢尔巴宁·尤·阿 - 经济学博士, 教授, 古布金大学石油和天然气交易和物流教研室主任, 莫斯科市

什梅列娃·N.V. - 经济学博士、副教授、国立研究型技术大学 MISIS, 俄罗斯联邦, 莫斯科

尤佐夫·奥·韦 - 技术博士, 俄罗斯联邦荣誉科学工作者, 名誉冶金学家, 俄罗斯高等职业教育名誉工作者, 联合冶金公司, 莫斯科市

沙茨卡亚·I.V. - 经济学博士, 联邦国家预算高等教育机构俄罗斯技术大学-MIREA副教授, 俄罗斯联邦莫斯科

自2008年出版

索引: VINITI, 俄羅斯科學引文索引, 烏爾里希 (Ulrich) 期刊目錄

發行人: 国立研究技术大学 “莫斯科钢铁合金学院” (NUST MISIS)



本作品遵循
知识共享署名4.0许可。

© NUST MISIS, 2025

邮寄地址: 119049, 莫斯科, 列宁斯基大街4号, 国立研究型技术大学 MISIS, 电话/传

真: +7 (499) 236-16-87

網頁: <https://ecoprom.misis.ru/>

电子邮件: ecoprom@misiss.ru, ecoprom.misis@mail.ru

技术编辑: 科斯梅尼娜A.A, 英文翻译: 马卡洛娃.I.A, 中文翻译: 于爱华, 计算机排版及封面设计: 洛斯科托夫.T.A

СОДЕРЖАНИЕ

Теория и практика стратегирования

- Квант В.Л., Власюк Л.И., Новикова И.В., Чхотуа И.З. Оценка человеческого потенциала в стратегировании промышленных регионов России 459

Национальная индустриальная экономика

- Бабкин А.В., Ташкинов А.Г. Комбинированный подход для формирования проектов цифровой трансформации промышленных предприятий в контексте Индустрии 4.0 472
Барсегян, Н.В., Шинкевич А.И., Галимулина Ф.Ф. Роль природоподобных технологий в реализации устойчивого развития промышленных систем 486
Журавлев П.А. Системные решения в реинжиниринге территорий и застройки 499
Засько В.Н., Донцова О.И. Теоретико-методические треки построения эконометрических моделей диверсификации налоговой политики 505
Солнцев А.К. Обезвоживание хвостов – инновационный стратегический приоритет золотодобывающей промышленности: экономические аспекты 518

Региональная экономика

- Никоноров С.М., Егорова А.И., Григорьева Е.Э. Воздействие промышленного освоения северных районов на водные ресурсы: модель прогноза на примере Республики Саха (Якутия) 529
Малкина М.Ю., Капитанова О.В., Семенов А.В. Анализ и прогнозирование валовой добавленной стоимости промышленности (на примере Нижегородской области) 544

Экономика предприятий

- Измайлов М.К., Вилькен В.В., Черникова А.В. Актуальные вопросы цифровизации ESG-процессов в управлении сервисно-промышленными предприятиями, корпорациями и производственными объединениями 559
Акулова И.И., Уварова С.С., Славчева Г.С., Бабенко Д.С. Идентификация и оценка инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов 574
Подвербных О.Е., Галеев Р.Г., Самохвалова С.М., Соколова Е.Л. Компетентностный подход к развитию производственной системы в условиях быстрого инновационного роста высокотехнологичных предприятий 591

Экономика знаний

- Архангельский Г.А. Механизмы управление индустриализацией: опыт русской промышленной революции XIX в 604

CONTENTS

Theory and practice of strategy

- Kvint V.L., Vlasyuk L.I., Novikova I.V., Chkhotua I.Z.** Assessment of human potential in the strategizing of industrial regions of Russia 459

National industrial economics

- Babkin A.V., Tashkinov A.G.** A combined approach to project management of digital transformation of industrial enterprises in the context of Industry 4.0 472
- Barsegyan N.V., Shinkevich A.I., Galimulina F.F.** The role of nature-like technologies in implementing sustainable development of industrial systems 486
- Zhuravlev P.A.** Theoretical and methodological tracks for building econometric models of tax policy diversification 499
- Zasko V.N., Dontsova O.I.** Theoretical and methodological tracks for building econometric models of tax policy diversification 505
- Solntsev A.K.** Economic aspects of tailings dewatering as an innovative strategic priority of gold mining industry 518

Regional economics

- Nikonorov S.M., Egorova A.I., Grigorieva E.E.** The impact of industrial development in the Northern regions on water resources: a forecast model based on the example of the Republic of Sakha (Yakutia) 529
- Malkina M.Y., O.V. Kapitanova O.V., Semenov A.B.** Analysis and forecasting of gross industrial value added on the example of the Nizhny Novgorod region 544

Business economics

- Izmaylov M.K., Vilken V.V., Chernikova A.V.** Acute issues of digitalization of ESG-processes in the management of service and industrial enterprises, corporations and industrial associations 559
- Akulova I.I., Uvarova S.S., Slavcheva G.S., Babenko D.S.** Identification and assessment of innovation potential in the building materials industry 574
- Podverbnykh O.E., Galeev R.G., Samokhvalova S.M., Sokolova E.L.** Competence-based approach to the development of the production system in the context of rapid innovative growth of high-tech enterprises 591

Knowledge economy

- Arkhangelskiy G.A.** Mechanisms for managing industrialization: the experience of the Russian industrial revolution of the 19th century 604

内容

战略化理论与实践

昆特 V.L., 弗拉修克 L.I., 诺维科娃 I.V., 奇霍图阿 I.Z. 俄罗斯工业地区战略化中的人才潜力评估 ...459

国民工业经济

巴布金 A.V., 塔什基诺夫 A.G. 工业4.0背景下工业企业数字化转型项目管理的综合方法472
巴尔谢吉杨 N.V.、申克维奇 A.I.、加利穆利娜 F.F. 类自然技术在工业系统可持续发展中的作用 ...486
朱拉夫列夫 P.A. 土地和建筑流程再造中的系统性解决方案499
扎西科 V.N., 东佐娃 O.I. 构建税收政策多元化计量经济学模型的理论与方法论路径505
索恩采夫 A.K. 尾矿脱水——黄金开采行业的创新战略优先事项：经济方面518

区域经济

尼科诺罗夫 S.M., 耶戈罗娃 A.I., 格里戈里耶娃 E.E. 北部地区工业开发对水资源的影响：
以萨哈共和国（雅库特）为例的预测模型529
马尔金娜 M.Yu., 卡皮塔诺娃 O.V., 塞梅诺夫 A.V. 工业总增加值分析与预测——
以下诺夫哥罗德州为例544

企业经济

伊兹马伊洛夫 M.K., 维尔肯 V.V., 切尔尼科娃 A.V. 工业服务企业、
公司及生产联合体管理中ESG流程数字化面临的问题559
阿库洛娃 I.I., 乌瓦罗娃 S.S., 斯拉夫切娃 G.S., 巴本科 D.S. 建材企业创新潜力的识别与评估574
波德韦尔布内赫 O.E., 加利耶夫 R.G., 萨莫赫瓦洛娃 S.M., 索科洛娃 E.L. 在高科技企业
快速创新增长的背景下生产系统发展的能力方法591

知识经济

阿尔汉格尔斯基 G.A. 工业化管理机制：19世纪俄国工业革命的经验604

Оценка человеческого потенциала в стратегировании промышленных регионов России

В.Л. Квинт^{1,2} , Л.И. Власюк¹  , И.В. Новикова^{1,2} , И.З. Чхотуа¹ 

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, Российской Федерации

²Центральный экономико-математический институт РАН,
117418, Москва, Нахимовский просп., д. 47, Российской Федерации

 lvlasuk@mail.ru

Аннотация. Стратегическое управление трудовыми ресурсами, являясь фактором расширенного воспроизводства, актуально как в контексте пространственно-территориального развития России, так и в связи с наблюдаемыми глобальными, национальными, региональными и отраслевыми трендами. Повышение качества жизни, безусловно, связано с ростом производительности труда как на макроуровне, так и на уровне отдельного региона. Для промышленных регионов России подобная задача является экзистенциональной.

Цель исследования – оценка человеческого потенциала России и ее промышленных регионов в процессе анализа стратегических возможностей развития. Задачами исследования являются выявление научных подходов к определению категорий «человеческий потенциал» и «человеческий капитал», разработка авторской методологии оценки и ее апробация на данных регионов (прежде всего промышленной специализации) России за период 2015–2023 гг.; оценка динамики изменений человеческого потенциала по промышленным регионам России и формулирование рекомендаций по стратегическому развитию данных территориальных образований. Теоретико-методологической основой исследования является теория стратегии и методология стратегирования В.Л. Квinta. Результаты исследования показывают, что в целом по России наблюдается отрицательная динамика развития человеческого потенциала; в отношении промышленных регионов ситуация идентична общероссийской тенденции. В статье предложены генеральные рекомендации по стратегическому развитию человеческого потенциала промышленных регионов России.

Ключевые слова: стратегирование, стратегические возможности, региональное развитие, отраслевая экономика, человеческий потенциал, человеческий капитал, промышленный регион

Благодарности: исследование выполнено при поддержке Программы развития Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, проект № 24A-Ш05-06 Междисциплинарной научно-образовательной школы «Математические методы анализа сложных систем», проект «Стратегирование развития сложных социально-экономических систем в условиях технологического суперенитета».

Для цитирования: Квант В.Л., Власюк Л.И., Новикова И.В., Чхотуа И.З. Оценка человеческого потенциала в стратегировании промышленных регионов России. *Экономика промышленности*. 2025;18(4):459–471. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1564>

Assessment of human potential in the strategizing of industrial regions of Russia

V.L. Kvint^{1,2} , L.I. Vlasyuk¹  , I.V. Novikova^{1,2} , I.Z. Chkhotua¹ 

¹ Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskiye Gory, Moscow 119991, Russian Federation

² Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, 47 Nakhimovsky Ave., Moscow 117418, Russian Federation

 lylasyuk@mail.ru

Abstract. As the factor of extended reproduction, strategic human resources management is relevant both in the context of the spatial and territorial development of Russia and of global, national, regional and industry trends.

The purpose of the study is to assess the human capital potential of Russia and its industrial regions by analyzing strategic opportunities for development. The tasks of the study include determining scientific approaches to the definition of the categories of “human potential” and “human capital”, developing the authors’ assessment methodology and its approbation of the data from the regions of Russia (primarily those of industrial specialization) during the period of 2015–2023, identifying the transformation of human potential by the industrial regions of Russia and working out recommendations for strategic development of these territorial entities. The theoretical and methodological basis of the research is the theory of strategy and methodology of strategizing by Dr. Vladimir L. Kvint. The results of the study show that, in general, there are negative dynamics in human potential development in Russia. Regarding industrial regions, the situation is identical to the trends of Russia as a whole. The authors of the article suggest general recommendations for the strategic development of human potential of industrial regions of Russia.

Keywords: strategizing, strategic opportunities, regional development, industry economy, human potential, human capital, industrial region

Acknowledgments: The study was carried out with the support of the Development Program of Lomonosov Moscow State University (project No. 24A-III05-06 of the Interdisciplinary Scientific and Educational School “Mathematical Methods of Analysis of Complex Systems” in the project “Strategizing of Complex Socioeconomic Systems in the Context of Technological Sovereignty Development”).

For citation: Kvint V.L., Vlasyuk L.I., Novikova I.V., Chkhotua I.Z. Assessment of human potential in the strategizing of industrial regions of Russia. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):459–471. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1564>

俄罗斯工业地区战略化中的人才潜力评估

V.L. 昆特^{1,2} , L.I. 弗拉修克¹  , I.V. 诺维科娃^{1,2} , I.Z. 奇霍图阿¹ 

¹ 莫斯科罗蒙诺索夫国立大学, 119991, 俄罗斯联邦莫斯科列宁山1号

² 俄罗斯科学院中央经济与数学研究所, 117418, 俄罗斯联邦莫斯科纳希莫夫大街47号

 lylasyuk@mail.ru

摘要: 战略性人力资源管理作为扩大再生产的因素, 在俄罗斯地域空间发展背景下, 以及在全球、国家、区域和行业趋势的变化中都具有重要意义。本研究的目的是在分析战略发展机遇的过程中评估俄罗斯及其工业地区的人才潜力。本研究的任务是明确“人才潜力”和“人力资本”的科学定义方法, 开发一种原创的评估方法, 利用2015年至2023年俄罗斯不同地区(主要为工业专业化地区)的数据对其进行检验; 同时, 分析俄罗斯工业地区人才潜力的变化, 并为这些地区的战略发展提出建议。本研究的理论和方法论基础是V.L. 昆特的战略理论和战略化方法论。研究结果表明, 总体而言, 俄罗斯的人才潜力发展呈现下降趋势; 工业地区的情况与全国趋势一致。本文就俄罗斯工业地区人才潜力的战略发展提出了总体建议。

关键词: 战略化, 战略机遇, 区域发展, 部门经济, 人才潜力, 人力资本, 工业地区

致谢: 本研究由莫斯科罗蒙诺索夫国立大学发展计划资助。项目编号: 跨学科科学与教育学院“复杂系统分析的数学方法”第24A-SH05-06号。项目名称: “在技术主权背景下制定复杂社会经济系统发展战略”。

Введение

Человеческий потенциал является важнейшим фактором и конкурентным преимуществом в процессах разработки и реализации стратегий развития промышленных регионов. Стратегирование как системный поиск внутренних резервов долгосрочного развития объекта прежде всего под влиянием динамики внешней среды и трансформационных изменений шестого технологического уклада должно апеллировать к категориям «человеческий потенциал» и «человеческий капитал». При этом первая из них интерпретируется вне парадигмы товарно-денежных отношений и предполагает совокупность способностей и возможностей человека как индивида, неотчуждаемых в качестве товара, а вторая рассматривает человека как важнейший фактор производства, инвестиции в который должны приносить социальную и экономическую пользу. Нередко уровень развития человеческого капитала как приращенной формы человеческого потенциала определяет межрегиональные различия в уровне благосостояния населения через динамику производительности труда, инновационной активности предпринимателей, и в этом контексте его связывают с экономическим ростом [1]. Ряд ученых (например, А.А. Акаев и др.) [2] определяют три группы факторов, оказывающих влияние на неравномерное региональное развитие России. Среди них выделяют уровень квалификации специалистов и разрыв между требованиями работодателей и компетенциями работников. В указанной выше статье ученые утверждают, что, несмотря на растущий тренд в формировании кадрового резерва специалистов с цифровыми компетенциями в развитых экономиках мира, система высшей школы России все еще не демонстрирует подобной динамики. С одной стороны, наращивание «невещественных элементов богатства» (уровня образования, состояния здоровья, потенциальной эффективности уровня научно-технологических достижений и прочее) не теряет своей актуальности, с другой – уровень национальных расходов на образование все еще не превышает 3,6 % ВВП, что контрастирует с подобными показателями многих развитых стран мира. Так, государственные расходы на образование в США по состоянию на 2021 г. составили 4,1 % ВВП, во Франции – 5,2 % ВВП, в Великобритании – 4,3 % ВВП, в Германии – 5 % ВВП [3].

В таких условиях важнейшим стратегическим приоритетом является эффективное использование человеческого потенциала как на государственном, так и на региональном уровнях. Это

касается и формулирования устойчивой модели воспроизводства человеческого потенциала. Все вышеперечисленное актуализирует необходимость разработки инструментария оценки формирования, развития и использования человеческого потенциала для целей стратегирования промышленных регионов [4–6].

Цель данного исследования – оценка человеческого потенциала России и ее промышленных регионов для анализа стратегических возможностей их социально-экономического развития.

Задачи исследования:

- провести контент-анализ научных подходов к определению экономических категорий «человеческий потенциал» и «человеческий капитал»;
- определить компонентный состав человеческого потенциала и показатели его оценки;
- разработать авторскую методологию оценки и провести ее апробацию на статистических данных регионов России за период 2015–2023 гг.;
- оценить динамику изменения человеческого потенциала по промышленным регионам России и в масштабах страны в целом, сформулировать рекомендации его стратегического развития.

Научная новизна заключается в определении стратегических возможностей развития человеческого потенциала промышленных регионов России в условиях внешнеэкономической турбулентности и шестого технологического уклада, опираясь на оценку человеческого потенциала по методологии авторов данной статьи и постулаты отечественной школы стратегирования В.Л. Квinta [7–9].

Определение категорий «человеческий потенциал» и «человеческий капитал» в отечественной и зарубежной литературе

В научной литературе по данной тематике исследования не сложилось общепринятого понимания сущности категорий «человеческий потенциал» и «человеческий капитал».

Учение о человеческом капитале восходит к фундаментальным трудам Адама Смита, Уильяма Петти, Карла Маркса, Альфреда Маршалла и ряда других выдающихся ученых.

Значительный вклад в развитие теории человеческого капитала внесли Нобелевские лауреаты Г. Беккер (G.S. Becker) [10], Т. Шульц (T.W. Schultz) [11] и Дж. Минцер (J. Mincer) [12], рассматривающие его как форму реализации возможностей, способностей и мотивов деятельности людей, приносящую экономический эффект и неразрывно связанную с носителем самого капитала. Одной из форм активизации спо-

собностей людей являются инвестиции в человеческий капитал.

Согласно Л. Туру (L. Thurow) [13], человеческий капитал есть производительные способности, умения и навыки людей, а его стоимость определяется как произведение производительных способностей и количества данных способностей, присущих человеку.

П. Бурдье (P. Bourdieu) [14] выделил следующие виды капитала: экономический, социальный, культурный, властный, политический и капитал институций. Ученый утверждал, что знания (личный капитал, воплощенный в человеке) выступают основой для притязаний на обладание экономическим капиталом.

В отечественной литературе также наблюдается разрыв в понимании сущности человеческого потенциала, человеческого капитала и их взаимосвязи. Так, О.М. Суслова [15] определяет человеческий капитал как систему взаимодействующих способностей и возможностей индивида в процессе его деятельности. Причем человеческий потенциал есть пассивная форма воплощения способностей и возможностей индивида, тогда как человеческий капитал предполагает активизацию потенциала для достижения поставленных целей. Возможности личности могут активизироваться (активный человеческий потенциал) или не раскрыться (пассивный человеческий потенциал) при определенных внешних обстоятельствах. Активный человеческий потенциал может стать человеческим капиталом.

А.И. Юрьев [16] определяет человеческий капитал как ресурс – количество и качество людей, соответствующих по ряду параметров (медицинских, интеллектуальных, культурных, профессиональных и т.д.) возможности конкуренции на рынке труда.

Р.И. Акьюлов [17] рассматривает человеческий капитал и человеческий потенциал как составляющие понятия «человеческий ресурс», что отражает упрощенную трактовку механической взаимосвязи двух различных категорий.

И.В. Соболева [18] определяет человеческий потенциал как величину накопленного населением запаса физического и ментального здоровья, а также творческой и предпринимательской активности. Совокупный человеческий потенциал не равен сумме индивидуальных потенциалов, а совокупный человеческий капитал слагается из индивидуальных человеческих капиталов.

В.Л. Квант [19] апеллирует к наличию причинно-следственной связи между производительностью труда как важнейшему условию нара-

щивания человеческого потенциала и активной производственной деятельностью человека.

Согласно академику Т.И. Заславской [20], человеческий потенциал – способность национальной общности к активному саморазвитию, своевременному ответу на вызовы внешней среды. Автор выделяет личностный потенциал, потенциал социальных групп, социальных общностей и человеческий потенциал населения страны, которые существуют изолированно, но способны к взаимодействию при определенных условиях. Т.И. Заславская также отмечает, что человеческий потенциал является инертной социетальной характеристикой общества, поскольку закреплен в культурных особенностях и духовных ценностях населения и определяется генофондом страны. Менталитет и структура ценностей стабильны во времени и обладают свойством преемственности. Возможность проявления человеческого потенциала определяется социально-экономической структурой общества, которая либо создает условия, либо ограничивает возможности его развития. Вышеизложенный тезис подтверждает необходимость формирования благоприятной среды для реализации человеческого потенциала. Стратегия есть путеводитель к приоритетам, реализация которых может обеспечить высокое качество жизни и раскрытие человеческого потенциала и даже таланта человека [21–23].

О.И. Иванов [24] характеризует человеческий потенциал как социально-биологическую целостность, включающую в себя следующие компоненты: демографическую, образовательную, духовно-нравственную, культурную, трудовую, гражданскую компоненту, а также компоненту здоровья. Качество человеческого потенциала определяется состоянием экономики и социальных институтов. О.И. Иванов отмечает, что развитие экономики ведет к повышению эффективности социальных институтов, что, в свою очередь, способствует повышению качества человеческого потенциала. Верно и обратное – экономический спад приводит к невыполнению социальными институтами своих функций на должном уровне и снижению эффективности человеческого потенциала. Отсюда автор делает вывод, что в целях формирования высокого уровня человеческого потенциала необходимо развивать и поддерживать эффективность социальных институтов. Данный тезис также служит доказательством необходимости создания условий для стратегического развития объекта, что обеспечивает поступательное развитие всей социальной и экономической системы города/региона/страны.

Из анализа публикаций отечественных и зарубежных авторов по данной тематике можно сформулировать следующие выводы:

– нет принятой определенности в понимании сущности и структуры человеческого потенциала и человеческого капитала; нередко понятия используются как синонимы даже в одном исследовании;

– методики оценки человеческого потенциала аналогичны методикам оценки человеческого капитала, приведенным в анализируемых публикациях;

– человеческий потенциал и человеческий капитал анализируются в единой причинно-следственной системе координат: экономический рост, экономическое развитие, инновационное развитие, уровень образования и здравоохранения.

Материалы и методология данного исследования

В соответствии с теорией стратегии и методологии В.Л. Квinta [7; 19] человеческий потенциал в стратегировании промышленных регионов развивается и реализуется в трех взаимосвязанных экономических процессах:

1. Человеческий потенциал – важнейший фактор разработки стратегий. В этом процессе профессиональные стратеги в творческом взаимодействии со стратегическими лидерами регионов, компаний, размещенных на стратегируемой территории, обосновывают и разрабатывают долгосрочные перспективы, приоритеты и цели.

2. Человеческий потенциал необходим для воплощения в жизнь стратегических инициатив в силу того, что стратегия требует интеллектуальных усилий стратегических лидеров регионов и компаний не только для разработки, но и в процессах ее длительной реализации с консультативным сопровождением профессиональных стратегов.

3. Человеческий потенциал необходим непосредственно для реализации стратегий промышленных регионов и компаний, которые должны иметь трудовые ресурсы, обладающие соответствующими компетенциями.

При разработке «Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области – Кузбасса до 2035 года и на более длительную перспективу»¹ оценка человеческого потенциала проходила по следующим направлениям его стратегирования: образование, здравоохранение, со-

циальная защита, спорт, культурные, творческие и креативные индустрии, предпринимательство, трудовой потенциал [25]. В результате в данной региональной стратегии был сформирован контур «Стратегические преобразования качества жизни и развитие трудовых ресурсов», включающий четыре приоритета: «Центр профессионального превосходства», «Центр высокого качества жизни населения», «Центр достойного труда», «Центр зеленой экономики»². Данная многофакторная оценка и разработанные на ее основе стратегические инициативы позволили максимизировать использование возможностей человеческого потенциала и минимизировать угрозы его сокращения в промышленном регионе.

Существуют различные стратегические подходы к измерению как человеческого капитала, так и человеческого потенциала. Первая группа методов основана на учете уровня образования или времени, потраченного на образование. Следующую группу составляют методы, учитывающие инвестиции в образование и здравоохранение, а также связанные с дисконтированием будущих потенциальных доходов. И, наконец, третья группа методов – индексные или индикаторные. Поскольку человеческий потенциал более широкое понятие, чем человеческий капитал, то для его оценки целесообразно использовать именно многокомпонентный индикаторный метод, который позволяет учитывать сферу формирования человеческого потенциала.

Авторская методология оценки человеческого потенциала основана на разработанной ранее методике оценки человеческого капитала [26], где человеческий капитал в регионах России рассматривался в «широком» смысле, включая показатели, характеризующие здоровье, профессиональные навыки и культурный уровень людей. Методология была дополнена рядом показателей, связанных с представлениями авторов о категории «человеческий потенциал», а также индикаторами, учитывающими уровень цифровизации экономики региона.

Результаты исследования

Для оценки человеческого потенциала в промышленных регионах Российской Федерации в динамике с 2015 по 2023 г. были отобраны показатели (табл. 1), соответствующие всем характеристикам и выделенным авторами составным компонентам человеческого потенциала, включая показатели, характеризующие социально-экономические условия его формирования и функционирования.

¹ О внесении изменений в Закон Кемеровской области «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области до 2035 года». Утв. Законом Кемеровской области – Кузбасса от 23.12.2020 № 163-ОЗ. Режим доступа: <https://kemer-gov.ru/doc/110472> (дата обращения: 23.10.2025).

² Там же.

Таблица 1 / Table 1

Система индикаторов оценки человеческого потенциала промышленного региона

A system of indicators for assessing the industrial region human potential

Индикатор	Показатель Росстата и методика расчета	Регион-лидер в 2023 г.	Регион-аутсайдер в 2023 г.
Уровень заработной платы	Отношение среднемесячной заработной платы работников организаций (руб.) к стоимости фиксированного набора потребительских товаров и услуг, руб.	Ямало-Ненецкий АО	Ивановская область
Коэффициент рождаемости	Число родившихся на 1000 чел. населения	Ненецкий АО	Смоленская область
Уровень участия в рабочей силе	Отношение численности рабочей силы определенной возрастной группы к общей численности населения соответствующей возрастной группы, %	Чукотский АО	Курганская область
Уровень безработицы	Отношение численности безработных определенной возрастной группы к численности рабочей силы соответствующей возрастной группы, %	Ямало-Ненецкий АО	Забайкальский край
Ожидаемая продолжительность жизни	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, число лет	г. Москва	Чукотский АО
Заболеваемость в регионе	Численность зарегистрированных больных с диагнозом, установленным впервые в жизни, на 1000 чел. всего населения	Воронежская область	Республика Карелия
Уровень развития здравоохранения	Численность населения на одну больничную койку	Чукотский АО	Ленинградская область
	Численность населения на одного врача	г. Санкт-Петербург	Курганская область
Доля обучающихся по программам высшего образования	Численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры на 10 000 чел. населения, на начало учебного года	г. Москва	Ямало-Ненецкий АО
Численность персонала, занятого научными исследованиями и прикладными разработками	Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками на 10 000 чел. населения	г. Москва	Чукотский АО
Численность исследователей с учеными степенями	Численность исследователей с учеными степенями на 1000 чел. населения	г. Москва	Ямало-Ненецкий АО, Ханты-Мансийский АО, Чукотский АО
Уровень развития системы образования в регионе	Обеспеченность детей дошкольного возраста местами в организациях, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам дошкольного образования; присмотр и уход за детьми, на конец года – приходится мест на 1000 детей	Ненецкий АО	г. Москва
	Удельный вес обучающихся во вторую и третью смены в организациях, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам начального, основного и среднего общего образования, на начало учебного года (% от общей численности обучающихся)	г. Санкт-Петербург	Томская область
Посещаемость учреждений культуры (музеи и театры)	Сумма двух показателей: численность зрителей театров на 1000 чел. населения и число посещений музеев на 1000 чел. населения	г. Санкт-Петербург	Липецкая область

Окончание табл. 1 / Eng of Table 1

Индикатор	Показатель Росстата и методика расчета	Регион-лидер в 2023 г.	Регион-аутсайдер в 2023 г.
Навыки использования сети Интернет населением	Население, использовавшее сеть Интернет каждый день или почти каждый день, по данным выборочного обследования населения по вопросам использования информационно-коммуникационных технологий – ИКТ (% от общей численности населения соответствующего субъекта РФ)	Чукотский АО	Калужская область
Уровень преступности	Число зарегистрированных преступлений на 100 000 чел. населения	Московская область, Рязанская область	Республика Коми

Предложенные индикаторы имеют разные единицы измерения, поэтому они были нормированы и приведены к единой шкале измерения, от 0 до 1. Переход к новой шкале осуществлялся следующим образом. Во-первых, было принято, что нулевое значение нормированного показателя соответствует минимальному значению по данному свойству, а единица – максимальному. Во-вторых, использовались два типа преобразования для нормировки показателей. Если индикатор оказывал положительное воздействие на развитие человеческого потенциала, то значение нормированного индекса рассчитывалось по формуле

$$\tilde{x}_i = \frac{(x_i - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}, \quad (1)$$

где x_i – текущее значение показателя для i -го региона, x_{\max} , x_{\min} – максимальное и минимальное значение показателей для совокупности анализируемых регионов.

Если индикатор оказывал негативное воздействие на развитие человеческого потенциала, то значение преобразованного индекса рассчитывалось по формуле

$$\tilde{x}_i = 1 - \left(\frac{(x_i - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})} \right) = \frac{(x_{\max} - x_i)}{(x_{\max} - x_{\min})}. \quad (2)$$

Итоговый индекс развития человеческого потенциала рассчитывался как сумма полученных нормированных индексов.

Далее из всей совокупности регионов РФ были выбраны промышленные регионы. В научной литературе нет общепринятых критериев для отнесения регионов к промышленному типу. Как правило, исследователи ориентируются на такие показатели, как доля промышленности в валовом региональном продукте (ВРП), занятых в промышленности, инвестиций в промышленность, доля промышленного экспорта и т.д. Количественные значения критериев отсечения регионов того или иного типа варьируют от 10 до 65 %. Например, в работе В.П. Орлова в качестве классификацион-

ного критерия выделения сырьевых регионов рассматривается доля добывающих отраслей минерально-сырьевого комплекса в продукции региона и выделяются регионы с развитой горной промышленностью при превышении данной доли на 20 % [27]. И.Н. Ильина к сырьевым регионам относит те, у которых доля добавленной стоимости от добычи полезных ископаемых превышает 30 % ВРП [28].

Авторами данной статьи был определен метод выделения промышленных регионов. В качестве критерия классификации регионов рассматривались два показателя: 1) сумма доли добычи полезных ископаемых и обрабатывающих производств в ВРП региона и 2) доля занятых в этих сферах в общей численности занятых в регионе. Если доли по обоим показателям составляли менее 15 % в структуре ВРП и занятых региона, то регион исключался из рассмотрения, если доля промышленного производства в ВРП региона находилась в диапазоне 15–20 %, а доля занятых меньше 10 %, то регион также не рассматривался.

В силу такого методического подхода были исключены из последующего анализа, проведенного авторами статьи, следующие регионы: Республики Адыгея, Калмыкия и Крым, Краснодарский край, г. Севастополь, Республики Дагестан и Ингушетия, Кабардино-Балкарская, Карачаево-Черкесская и Чеченская Республики, Республика Северная Осетия-Алания, Ставропольский край, Республики Алтай и Тыва, Камчатский край и Приморский край, Еврейская автономная область. Столичные регионы (г. Москва и г. Санкт-Петербург) в силу высокой диверсификации экономик этих регионов по предложенным формальным критериям не попали в группу промышленных регионов, но содержательный анализ позволил оставить их в группе промышленных регионов. Полученные данные расчета человеческого потенциала для промышленных регионов России по предложенной авторами статьи методологии представлены в табл. 2; сортировка осуществлена по данным 2023 г. в порядке убывания.

Индекс человеческого потенциала по промышленным регионам России для стратегирования

Human potential index by industrial region of the Russian Federation for strategizing

Регион	Доля промышленности в валовой добавленной стоимости, %	Доля занятых в промышленности, %	Индекс человеческого потенциала			
			2023 г.	2019 г.	2015 г.	2023–2015 гг.*
г. Москва	12,1	9,5	11,27	11,29	11,72	-0,45
г. Санкт-Петербург	13,7	14,6	10,92	11,59	11,71	-0,79
Чукотский автономный округ	37,5	22,0	8,27	8,26	8,78	-0,51
Томская область	35,2	14,7	8,16	8,14	8,33	-0,17
Московская область	20,7	17,0	8,07	8,12	8,19	-0,12
Магаданская область	56,6	20,5	7,99	8,39	8,85	-0,86
Нижегородская область	24,7	19,9	7,97	7,69	7,99	-0,02
Сахалинская область	63,9	10,2	7,92	7,97	7,88	0,04
Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО)	79,0	27,0	7,82	8,26	8,20	-0,38
Республика Татарстан	43,4	18,6	7,76	7,65	7,98	-0,23
Ханты-Мансийский автономный округ-Югра (ХМАО)	80,1	28,8	7,68	7,98	8,17	-0,49
Республика Мордовия	26,9	15,9	7,57	7,11	7,69	-0,12
Мурманская область	32,6	16,3	7,55	8,01	8,47	-0,92
Ярославская область	25,5	22,0	7,49	7,10	8,01	-0,52
Республика Саха (Якутия)	58,4	15,7	7,45	8,09	8,20	-0,74
Новосибирская область	18,2	14,2	7,42	7,85	8,16	-0,75
Тюменская область (без ХМАО и ЯНАО)	34,6	12,9	7,38	7,38	7,82	-0,43
Саратовская область	21,4	13,9	7,37	7,34	7,59	-0,22
Воронежская область	15,8	13,8	7,36	7,41	7,47	-0,10
Тульская область	44,7	23,0	7,34	7,33	7,51	-0,17
Рязанская область	24,2	20,0	7,27	6,64	7,28	-0,01
Свердловская область	31,4	21,7	7,12	7,27	7,73	-0,61
Хабаровский край	18,0	12,1	7,07	7,42	7,74	-0,67
Волгоградская область	25,1	14,0	7,05	6,68	7,32	-0,27
Калининградская область	17,0	14,9	7,03	6,93	7,74	-0,71
Ивановская область	27	22,1	7,03	6,38	7,23	-0,20
Астраханская область	51,4	11,6	7,02	7,32	7,68	-0,65
Чувашская Республика	27,3	19,8	7,00	7,06	7,52	-0,52
Омская область	22,5	15,2	6,98	7,12	7,52	-0,53
Курская область	25,9	16,5	6,98	7,19	7,43	-0,45
Ульяновская область	26,3	21,1	6,87	6,62	6,87	-0,01
Пензенская область	21,5	18,1	6,85	7,04	7,31	-0,46
Республика Коми	56,0	15,8	6,70	7,10	7,66	-0,97
Белгородская область	36,8	18,5	6,69	7,12	7,41	-0,71
Самарская область	37,8	20,2	6,68	6,89	7,21	-0,52

Окончание табл. 2 / End of Table 2

Регион	Доля промышленности в валовой добавленной стоимости, %	Доля занятых в промышленности, %	Индекс человеческого потенциала			
			2023 г.	2019 г.	2015 г.	2023–2015 гг.*
Амурская область	16,8	10,1	6,66	5,95	6,36	0,30
Архангельская область без Ненецкого АО	26,5	19,3	6,61	6,93	7,54	-0,93
Тамбовская область	16,3	14,5	6,59	6,53	6,87	-0,28
Ростовская область	17,8	14,7	6,58	6,36	6,75	-0,17
Оренбургская область	54,3	16,5	6,57	6,70	7,01	-0,45
Челябинская область	41,2	23,4	6,55	6,58	6,96	-0,41
Владимирская область	33,9	24,4	6,52	6,48	6,99	-0,47
Красноярский край	49,7	15,5	6,51	6,89	7,35	-0,83
Ленинградская область	29,7	18,5	6,51	6,39	7,05	-0,54
Кировская область	29,5	21,6	6,46	6,64	7,12	-0,66
Тверская область	19,7	18,6	6,44	6,38	6,72	-0,28
Республика Башкортостан	30,3	17,2	6,43	6,78	6,71	-0,28
Новгородская область	37,4	19,8	6,37	6,25	7,07	-0,70
Иркутская область	38,7	15,5	6,35	6,47	6,95	-0,60
Псковская область	17,1	17,8	6,34	6,09	6,51	-0,17
Калужская область	38,3	23,9	6,28	6,74	7,55	-1,27
Смоленская область	22,7	18,8	6,27	6,79	7,20	-0,93
Республика Марий Эл	27,7	21,8	6,27	6,01	6,93	-0,66
Республика Карелия	25,8	15,1	6,24	6,68	6,99	-0,75
Удмуртская Республика	46,5	23,1	6,15	6,23	7,19	-1,04
Пермский край	50,4	21,8	6,09	6,13	6,63	-0,55
Липецкая область	43,4	18,8	5,99	6,39	6,85	-0,86
Брянская область	22,0	16,4	5,85	6,04	6,25	-0,39
Костромская область	25,3	21,2	5,83	6,28	6,74	-0,92
Орловская область	16,8	16,3	5,79	6,31	6,79	-1,00
Вологодская область	51,1	20,0	5,75	5,98	6,27	-0,52
Кемеровская область-Кузбасс	40,2	21,9	5,72	5,83	6,20	-0,47
Республика Бурятия	18,0	11,8	5,67	5,92	6,54	-0,87
Алтайский край	20,9	14,6	5,64	5,62	5,99	-0,35
Забайкальский край	28,4	12,3	5,64	5,86	5,99	-0,35
Республика Хакасия	34,9	14,7	5,58	5,34	6,01	-0,43
Курганская область	24,3	18,8	4,67	4,63	5,54	-0,87

* «–» – регион ухудшил свою позицию в рейтинге 2023 г. по сравнению с 2015 г., «+» – регион улучшил свою позицию в рейтинге.

Источник: расчеты авторов статьи на основе официальных статистических данных сборника Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024. Стат. сб. М.: Росстат; 2024. 1081 с. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2024.pdf

Source: calculated by the authors based on official statistics from the collection regions of Russia. Socio-economic indicators. 2024. Statistical collection. Moscow: Rosstat; 2024. 1081 p. (In Russ). Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2024.pdf

Результаты расчетов индекса человеческого потенциала показывают, что за период 2015–2023 гг. количественные оценки этого показателя уменьшились (ухудшились); у большинства регионов значения индекса развития человеческого потенциала ниже в 2023 г. по сравнению с 2015 г. Лидером рейтинга по уровню развития человеческого потенциала на протяжении всего расчетного периода ожидаемо являются г. Москва и г. Санкт-Петербург. В тройку лидеров также попал Чукотский АО. Этот северный регион оказался лидером скорее технически, поскольку опережал другие регионы по многим показателям в силу малой численности своего населения (см. табл. 1). На последнем месте оказались Республика Хакасия и Курганская область.

Индекс человеческого потенциала был определен для России в целом. В расчетах для страны использованы те же самые минимальные и максимальные значения, что и по совокупности регионов. На рис. 1 представлен расчетный индекс развития человеческого потенциала России в динамике с 2015 по 2023 г.

На основе анализа показателей, предложенных авторами данной статьи, в целом по стране с 2015 по 2022 г. прослеживалась отрицательная динамика индекса человеческого потенциала. Однако в 2023 г. наметился небольшой рост данного показателя. При этом наблюдается: снижение рождаемости; ухудшение показателей, отражающих развитие сферы образования; снижение посещения культурных мероприятий; рост преступности.

Заключение

Стратегическая цель национального уровня – достижение технологического суверенитета – представляется труднореализуемой без кадрового сопровождения инновационных технологических разработок в промышленных отраслях экономики. Человеческий капитал является одним из базовых факторов, определяющих производительность труда наряду с инновациями, инфраструктурой, физическим капиталом и т.д. В теории стратегии и методологии стратегирования целесообразно апеллировать к «человеческому потенциалу» как обобщающей категории, отражающей внутренние способности и возможности человека, формирующие его общественно значимые ценности. При этом возможность трансформации человеческого потенциала в человеческий капитал необходимо оценивать с позиций социально-экономических условий его формирования и проявления.

Наиболее динамичным элементом в структуре человеческого потенциала являются возможности, которые формируются под воздействием ряда внешних и внутренних факторов. Стратегия как результат системного анализа внешней и внутренней среды призвана распознавать уникальные возможности развития региона в существующих пространственно-временных комбинациях факторов. Важнейшим стратегическим ресурсом регионального развития являются люди, а важнейшей целью стратегирования регионального развития – улучшение качества жизни населения региона, т.е. создание такой среды и институтов, которые позволили бы полностью

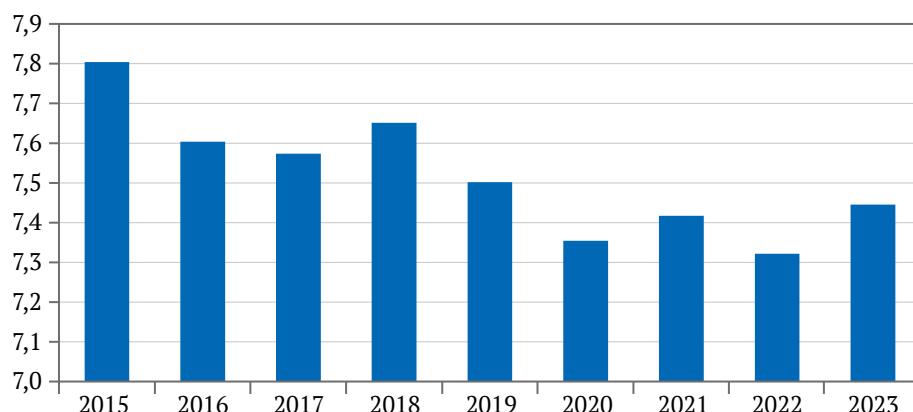


Рис. 1. Индекс человеческого потенциала по Российской Федерации в целом

Источник: рассчитано авторами статьи на основе официальных статистических данных сборника Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024. Стат. сб.. М.: Росстат; 2024. 1081 с.

Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2024.pdf

Fig. 1. Human potential index for the Russian Federation

Source: calculated by the authors based on official statistics from the collection regions of Russia. Socio-economic indicators. 2024. Statistical collection. Moscow: Rosstat; 2024. 1081 p. (In Russ.).

Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2024.pdf

реализовываться человеческому потенциалу на стратегируемой территории. В промышленном регионе человеческий потенциал выступает фактором глубокой модернизации промышленно-экономического потенциала: уникальные профессиональные компетенции работника, отвечающие новым вызовам технологического характера промышленности, трансформируются в прорывные технологические процессы производства и инновационные продукты. В условиях развития Индустрии 4.0 цель повышения эффективности использования человеческого потенциала и создания институциональных условий его развития находит отражение в формировании инновационно-ориентированного вида промышленного предприятия, в котором стратегическим ресурсом будет являться интел-

лектуальный капитал работника. В результате проведенных расчетов можно сделать вывод, что значение индекса человеческого потенциала России, как и в разрезе регионов страны, демонстрирует отрицательную динамику за анализируемый период (кроме 2023 г.), что может свидетельствовать о системных проблемах развития по ряду анализируемых параметров.

Дальнейшие направления исследования по данной проблематике потребуют более глубокого анализа социальных и экономических условий формирования и развития человеческого потенциала. Это предполагает, в том числе, проведение анализа качества реализуемых региональных стратегий и программ экономического, индустриального и социального развития промышленных регионов России.

Список литературы / References

1. Lucas R.E. On the mechanics of economic development. *Journal of the Monetary Economics*. 1988;22(1):3–42.
2. Акаев А.А., Десятко Д.Н., Петряков А.А., Сарыголов А.И. Региональное развитие и система образования в условиях цифровой трансформации. *Экономика региона*. 2020;16(4):1031–1045. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-2>
Akaev A.A., Desyatko D.N., Petryakov A.A., Sarygulov A.I. Regional development and the education system in the context of digital transformation. *Ekonomika regiona = Economy of Region*. 2020;16(4):1031–1045. (In Russ.). <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-2>
3. Бондаренко Н.В., Варламова Т.А., Гохберг Л.М., Зорина О.А., Кузнецова В.И., Озерова О.К., Портнягина О.Н., Шкалевая Е.В., Шугаль Н.Б. Индикаторы образования: 2024. Стат. сб. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ; 2024. 417 с. <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-3010-8>
4. Фурсов В., Кривокора Е., Стриелковски В. Региональные аспекты оценки трудового потенциала в современной России. *Terra Economicus*. 2018;16(4):95–115. <https://doi.org/10.23683/2073-6606-2018-16-4-95-115>
Fursov V., Krivokora E., Strielkowski V. Regional aspects of labor potential assessment in modern Russia. *Terra Economicus*. 2018;16(4):95–115. (In Russ.). <https://doi.org/10.23683/2073-6606-2018-16-4-95-115>
5. Локосов В.В., Рюмина Е.В., Ульянов В.В. Региональная дифференциация показателей человеческого потенциала. *Экономика региона*. 2015;(4):185–196. <https://doi.org/10.17059/2015-4-15>
Lokosov V.V., Ryumina E.V., Ulyanov V.V. Regional differentiation of human potential indicators. *Ekonomika regiona = Economy of Regions*. 2015;(4):185–196. (In Russ.). <https://doi.org/10.17059/2015-4-15>
6. Крыштальева Т.Ю. Методика оценки состояния трудового потенциала регионов РФ. *Мир экономики и управления*. 2017;17(3):35–46. Режим доступа: <https://woeam.elpub.ru/jour/article/view/256> (дата обращения: 28.10.2025).
Kryshťaleva T.Yu. Assesment method of the state of labour potential in regions of the Russian Federation. *World of Economics and Management*. 2017;17(3):35–46. (In Russ.). Available at: <https://woeam.elpub.ru/jour/article/view/256> (accesses on 28.10.2025).
7. Экономическая и финансовая стратегия. Под науч. ред. В.Л. Квинта. М.: Изд-во Московского университета; 2024. 247 с.
8. Квант В.Л. Концепция стратегирования. В 2-х т. СПб.: ИПЦ СЗИУ РАНХиГС; 2019. Т. 1. 132 с.
9. Квант В.Л. Концепция стратегирования. В 2-х т. СПб.: ИПЦ СЗИУ РАНХиГС; 2020. Т. 2. 162 с.
10. Беккер Г.С. Человеческое поведение: экономический подход. *Избранные труды по экономической теории*. Пер. с англ. М: ГУ-ВШЭ; 2003. 671 с. (Russ. transl. from: Becker G.S. *The economic approach to human behavior*. Chicago: Univ. Chicago Press; 1976. 314 p.)
11. Schultz T.W. Investment in human capital: Reply. *The American Economic Review*. 1961;51(5):1035–1039.
12. Mincer J. Investment in human capital and personal income distribution. *Journal of Political Economy*. 1958;66(4):281–302.
13. Thurow L. *Investment in Human Capital*. Belmont; 1970. 145 p.
14. Бурдье П. Социология политики. Пер. с франц. М.: Socio-Logos; 1993. 336 с. (Russ. transl. from: Bourdieu P. *La sociologie*. Presses Universitaires de France; 1993. 123 p.)
15. Суслова О.М. Теоретико-методологические вопросы исследования человеческого капитала

- ла. Экономическая наука современной России. 2011;(1(52)):72–82.
- Suslova O. M. Theoretical and methodological issues of human capital research. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoi Rossii*. 2011;(1(52)):72–82. (In Russ.)
16. Стратегическая психология глобализации: психология человеческого капитала. Под науч. ред. А.И. Юрьева. СПб.: Logos; 2006. 512 с.
17. Акьюлов Р.И. Человеческие ресурсы как комплексная экономическая категория. *Журнал экономической теории*. 2009;(4):1–18.
- Ak'yulov R.I. Human resources as a complex economic category. *Zhurnal Ekonomicheskoi Teorii*. 2009;(4):1–18. (In Russ.)
18. Соболева И.В. Человеческий потенциал российской экономики. Проблема сохранения и развития. М.: Наука; 2007. 201 с.
19. Квант В.Л. Управление научно-техническим прогрессом: региональный аспект (вопросы методологии и практики). М.: Наука; 1986. 215 с.
20. Заславская Т.И. Человеческий потенциал в современном трансформационном процессе. *Общественные науки и современность*. 2005;(3):13–25.
- Zaslavskaya T.I. Human potential in the modern transformation process. *Obshchestvennye nauki i sovremennost'* 2005;(3):13–25. (In Russ.)
21. Kvint V. *The global emerging market: Strategic management and economics*. New York; London: Routledge; 2009. 453 p.
22. Новикова И.В. Стратегическое управление трудовыми ресурсами. М.: КноРус; 2022. 180 с.
23. Новикова И.В., Хворостянная А. С. Стратегическое развитие талантов предприятий креативной экономики. Управленческое консультирование. 2024;(4):136–145. <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2024-4-136-145>
- Novikova I.V., Khvorostyanaya A.S. Strategic talent development for creative economy enterprises. *Administrative Consulting*. 2024;(4):136–145. (In Russ.). <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2024-4-136-145>
24. Иванов О.И. Человеческий потенциал (формирование, развитие, использование). СПб.: Скифия-принт. 2013; 336 с.
25. Стратегирование человеческого потенциала. Под науч. ред. В.Л. Квinta. Кемерово: КемГУ; 2020. 453 с.
26. Власюк Л.И., Строев П.В. Методика определения уровня развития человеческого капитала и его дифференциация в регионах России. *Экономика. Налоги. Право*. 2017;10(4):86–95.
- Vlasyuk L.I., Stroyev P.V. A methodology for determining the level of human capital development and its differentiation in the regions of Russia. *Ekonomika. Nalogi. Pravo*. 2017;10(4):86–95. (In Russ.)
27. Орлов В.П. Минерально-сырьевой комплекс в долгосрочной стратегии развития экономики России. *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. 2007;(2):3–5.
- Orlov V.P. The mineral resources complex in the long-term economic development strategy of Russia. *Mineralnye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*. 2007;(2):3–5. (In Russ.)
28. Ильина И.Н. Перспективы развития сырьевых регионов РФ в документах стратегического планирования. *Вопросы государственного и муниципального управления*. 2013;(2):83–102.
- Ilyina I.N. Outlook toward the future development of primary producer regions of Russia as expressed in the documents of strategic planning. *Public Administration Issues*. 2013;(2):83–102. (In Russ.)

Информация об авторах

Владимир Львович Квант – академик, иностранный член РАН, д-р экон. наук, профессор политической экономии, заведующий кафедрой экономической и финансовой стратегии Московской школы экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 61, Российская Федерация; директор Центра стратегических исследований Института математических исследований сложных систем, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, д. 1 стр. 46, Российская Федерация; главный научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН, 117418, Москва, Нахимовский просп., д. 47, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0629-7189>; e-mail: vlvkint@gmail.com

Information about the authors

Vladimir L. Kvint – Foreign Member of the Russian Academy of Sciences (Life-time), Dr.Sci. (Econ.), Professor of Political Economy, Head of the Economic and Financial Strategy Department at Lomonosov Moscow State University' Moscow School of Economics, 1-61 Leninskiye Gory, Moscow 119991, Russian Federation; Director at the Center for Strategic Studies, Institute for Mathematical Research of Complex Systems at Lomonosov Moscow State University, 1-46 Leninskiye Gory, Moscow 119991, Russian Federation; Chief Researcher, Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, 47 Nakhimovsky Ave., Moscow 117418, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0629-7189>; e-mail: vlvkint@gmail.com

Людмила Ивановна Власюк – канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономической и финансовой стратегии Московской школы экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 61, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8058-586X>; e-mail: lylasyuk@mail.ru

Ирина Викторовна Новикова – д-р экон. наук, зам. заведующего кафедры экономической и финансовой стратегии, профессор кафедры экономической и финансовой стратегии Московской школы экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 61, Российская Федерация; ведущий научный сотрудник Центра стратегических исследований Института математических исследований сложных систем, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, д. 1 стр. 46, Российская Федерация; ведущий научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН, 117418, Москва, Нахимовский просп., д. 47, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3741-3031>; e-mail: novikovaiv5@gmail.com

Илона Зурабовна Чхотуа – канд. экон. наук, доцент кафедры экономической и финансовой стратегии Московской школы экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 61, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7234-0862>; e-mail: Chkhotua@inbox.ru

Lyudmila I. Vlasyuk – PhD (Econ.), Associate Professor, Economic and Financial Strategy Department at Lomonosov Moscow State University' Moscow School of Economics, 1-61 Leninskiye Gory, Moscow 119991, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8058-586X>; e-mail: lylasyuk@mail.ru

Irina V. Novikova – Dr.Sci. (Econ.), Deputy Head, Professor, Economic and Financial Strategy Department at Lomonosov Moscow State University' Moscow School of Economics, 1-61 Leninskiye Gory, Moscow 119991, Russian Federation; Leading Researcher at the Center for Strategic Studies, Institute for Mathematical Research of Complex Systems at Lomonosov Moscow State University, 1-46 Leninskiye Gory, Moscow 119991, Russian Federation; Leading Researcher, Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, 47 Nakhimovsky Ave., Moscow 117418, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3741-3031>; e-mail: novikovaiv5@gmail.com

Ilona Z. Chkhotua – PhD (Econ.), Associate Professor, Economic and Financial Strategy Department at Lomonosov Moscow State University' Moscow School of Economics, 1-61 Leninskiye Gory, Moscow 119991, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7234-0862>; e-mail: Chkhotua@inbox.ru

Поступила в редакцию **04.11.2025**; поступила после доработки **12.11.2025**; принята к публикации **14.11.2025**

Received **04.11.2025**; Revised **12.11.2025**; Accepted **14.11.2025**

Комбинированный подход к управлению проектами цифровой трансформации промышленных предприятий в контексте Индустрии 4.0

А.В. Бабкин¹  , А.Г. Ташкинов^{2,3} 

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, литер Б, Российская Федерация

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614990, Пермь, Комсомольский просп., д. 29, Российская Федерация

³ АО «Пермский завод „Машиностроитель“», 614014, Пермь, ул. Новозвязинская, д. 57, Российская Федерация

 Al-vas@mail.ru

Аннотация. В условиях глобальной конкуренции, санкций и разрыва международных цепочек создания стоимости цифровая трансформация становится не просто инструментом развития, а условием выживания российской промышленности. Она позволяет сохранять и усиливать позиции как на внутреннем, так и на международном рынках. Для развивающихся стран и стран с формирующейся экономикой, к которым в текущих условиях можно отнести и Россию, Индустрия 4.0. открывает возможность технологического прорыва. Это означает, что можно увеличить долю индустриализации, минуя традиционные, зачастую менее эффективные пути развития, сразу внедряя передовые решения, такие как, например «умные» фабрики. Вместе с тем, несмотря на понимание необходимости изменений, большинство предприятий сталкивается с типичными проблемами, которые не позволяют им извлекать максимальную выгоду из цифровой трансформации. Проведенный анализ позволил установить, что на сегодняшний день в научной среде отсутствует комплексный подход для формирования проектов цифровой трансформации промышленных предприятий в условиях Индустрии 4.0, который бы учитывал специфику работы предприятия с использованием интеллектуальных технологий на всех уровнях управления. В статье описан комбинированный подход, который позволяет создать цифровую экосистему, увязать все уровни управления: стратегический, тактический, операционный, которые связаны сквозными данными и автоматизированными решениями. Комбинированный подход к управлению проектами цифровой трансформации предприятий в контексте Индустрии 4.0 представляет собой синтез стратегического видения, гибких методологий и операционных технологий. В статье предложены решения по интеграции стратегии, тактики и операций, с элементами комбинированного подхода для управления проектами цифровой трансформации предприятия на каждом уровне управления. Описаны основные этапы, отличительные особенности, достоинства, недостатки и ограничения комбинированного подхода. Для проверки адекватности и практической применимости модели проведен опрос 10 экспертов в области управления проектами цифровой трансформации и продуктами с опытом работы от 5 до 10 лет на АО «Пермский завод «Машиностроитель».

Ключевые слова: промышленные предприятия, адаптивная система, Индустрия 4.0, комбинированный подход, отрасли промышленности, проекты цифровой трансформации предприятия, интеллектуальные технологии

Благодарности: Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда, № 25-18-00978 «Стратегическое управление интеллектуальной зрелостью промышленных экосистем в условиях экономики данных: методология, фреймворк, инструментарий».

Для цитирования: Бабкин А.В., Ташкинов А.Г. Комбинированный подход к управлению проектами цифровой трансформации промышленных предприятий в контексте Индустрии 4.0. Экономика промышленности. 2025;18(4):472–485. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1553>

A combined approach to project management of digital transformation of industrial enterprises in the context of Industry 4.0

A.V. Babkin¹  , A.G. Tashkinov^{2,3} 

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,

29B Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg 195251, Russian Federation

² Perm National Research Polytechnic University, 29 Komsomolsky Ave., Perm 614990, Russian Federation

³ JSC Perm Plant Mashinostroitel, 57 Novozvyaginskaya Str., Perm 614014, Russian Federation

 Al-vas@mail.ru

Abstract. In the face of global competition, sanctions, and disruption of international value chains, digital transformation is becoming not just a tool for development, but a condition for the survival of Russian industry. It allows us to maintain and strengthen our positions in both domestic and international markets. For developing and emerging economies, which in the current context include Russia, Industry 4.0 opens up the possibility of a technological breakthrough. This means that it is possible to increase the share of industrialization, bypassing traditional, often less effective development paths, immediately introducing advanced solutions such as, for example, “smart” factories. However, despite the understanding of the need for change, most enterprises face typical problems that do not allow them to maximize the benefits of digital transformation. The analysis made it possible to establish that today there is no comprehensive approach in the scientific community for the formation of projects for the digital transformation of industrial enterprises in the context of Industry 4.0, which would take into account the specifics of the company's work using intelligent technologies at all levels of management. The article describes a combined approach that allows you to create a digital ecosystem, linking all levels of management: strategic, tactical, operational, which are connected by end-to-end data and automated solutions. The combined approach to managing enterprise digital transformation projects in the context of Industry 4.0 is a synthesis of strategic vision, agile methodologies, and operational technologies. The article offers solutions for integrating strategy, tactics and operations, with elements of a combined approach for managing enterprise digital transformation projects at each management level. The main stages, distinctive features, advantages, disadvantages and limitations of the combined approach are described. To verify the adequacy and practical applicability of the model, a survey was conducted of 10 experts in the field of digital transformation project management and products with 5 to 10 years of experience at Perm Plant Mashinostroitel JSC.

Keywords: adaptive system, Industry 4.0, combined approach, industries, enterprise digital transformation projects, intelligent technologies, industrial enterprises

Acknowledgments: The study was funded by the Russian Science Foundation, grant No. 25-18-00978 “Strategic Management of intellectual maturity of industrial ecosystems in a data economy: methodology, framework, tools”.

For citation: Babkin A.V., Tashkinov A.G. A combined approach to managing digital transformation projects for industrial enterprises in the context of Industry 4.0. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):472–485. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1553>

工业4.0背景下工业企业数字化转型项目管理的综合方法

A.V. 巴布金¹  , A.G. 塔什基诺夫^{2,3} 

¹ 圣彼得堡彼得大帝理工大学, 195251, 俄罗斯联邦圣彼得堡综合技术大街29号B座

² 彼尔姆国立研究型理工大学, 614990, 俄罗斯联邦彼尔姆市共青团大街29号

³ 彼尔姆机械制造厂股份公司, 614014, 俄罗斯联邦彼尔姆市诺沃兹维亚金斯卡娅街57号

 Al-vas@mail.ru

摘要：在全球竞争、制裁和国际价值链断裂的背景下，数字化转型不仅成为发展工具，更成为俄罗斯工业生存的先决条件。它使企业能够在国内外市场维持并巩固其地位。对于俄罗斯目前所处的发展中国家和新兴经济体而言，工业4.0为实现技术突破提供了机遇。这意味着绕过传统的、往往效率较低的发展路径，直接采用“智能”工厂等先进的解决方案，从而加快工业化

进程。然而, 尽管大多数企业都认识到变革的必要性, 但它们仍面临着阻碍其最大限度地发挥数字化转型优势的典型问题。分析表明, 迄今为止, 学术界尚未形成一套综合方法来制定工业4.0背景下工业企业的数字化转型项目, 该方法应充分考虑企业运营的特殊性, 并在所有管理层级运用智能技术。本文提供了一种综合方法, 该方法能够构建数字生态系统, 并通过端到端数据和自动化解决方案将战略、战术和操作等所有管理层级连接起来。这种在工业4.0背景下管理数字化转型项目的综合方法, 融合了战略愿景、敏捷方法和操作技术。本文提出了一种整合战略、战术和操作的解决方案, 并结合组合方法要素, 在各个管理层级管理企业数字化转型项目。文章描述了该组合方法的主要阶段、特色、优点、缺点和局限性。为了验证该模型的适用性和实践可行性, 我们对彼尔姆机械制造厂股份公司10位拥有5至10年数字化转型项目和产品管理经验的专家进行了问卷调查。

关键词: 工业企业, 自适应系统, 工业4.0, 组合方法, 行业, 企业数字化转型项目, 智能技术

致谢: 本研究由俄罗斯科学基金会资助, 项目编号为25-18-00978, 项目名称为“数据经济时代工业生态系统知识成熟度的战略管理: 方法论、框架和工具包”。

Введение

Бизнес-ландшафт современной экономики переживает периоды быстрых изменений из-за значительных цифровых преобразований, вызванных различными факторами, такими как интеграция на мировом рынке, в частности цифровизация. Это изменение связано не только с внедрением на промышленном предприятии традиционных инструментов бережливого и цифрового производства, но и с использованием новых цифровых инструментов, в том числе интеллектуальных технологий на базе Индустрии 4.0.

Наиболее значимые проблемы для отраслей промышленности: системная сложность преобразований, отсутствие быстрой адаптации, необходимость в оптимизации инвестиций, технократический подход, бизнес-ориентированный подход.

Системная сложность преобразований заключается в том, что цифровая трансформация затрагивает все элементы предприятия: людей, процессы, технологии, данные, культуру. Управление такой сложностью невозможно без интеграции различных взглядов и дисциплин.

Необходимость быстрой адаптации в условиях высокой волатильности рынка состоит в том, что предприятия должны быстро реагировать на изменения. Комбинированный подход позволяет создавать гибкие дорожные карты трансформации, которые можно адаптировать без потери общего стратегического направления.

В случае ограниченности ресурсов предприятиям *необходима оптимизация инвестиций в развитие предприятий*. Проблема значимости проектов цифровой трансформации, основанная на объективной оценке их экономического эффекта, технологической осуществимости и стратегической значимости, является крайне актуальной.

Цифровая трансформация предприятия в эпоху Индустрии 4.0 – это не просто внедрение отдельных ИТ-решений, а фундаментальное пере-проектирование бизнес-моделей, операционных процессов и продуктовых портфелей на основе сквозных цифровых технологий, включая: интернет вещей (IoT, *Internet of Things*), искусственный интеллект (ИИ, (AI, *Artificial Intelligence*)), большие данные (Big Data), цифровые двойники (Digital Twins) и др.

Ключевая проблема по мнению авторов, заключается в том, что существующие подходы к формированию проектов цифровой трансформации часто носят односторонний характер.

Технократический подход («снизу-вверх») фокусируется на возможностях конкретных технологий (например, внедрение промышленного IoT на производстве). При этом не всегда оценивается стратегическая ценность для бизнеса, что приводит к созданию «точечных» решений, не интегрированных в общую архитектуру предприятия и не приносящих ожидаемой экономической отдачи.

Бизнес-ориентированный подход («сверху-вниз») отталкивается от стратегических целей и бизнес-проблем, при отсутствии понимания технологических возможностей и ограничений для их адекватной реализации, что ведет к завышенным ожиданиям и провалам проектов.

В данный момент, очевидно, что «слепое» копирование моделей и методов может вызывать негативные последствия, тем более в кризисный период. Это приводит к мысли, что преодоление этих периодов невозможно без использования гибких инновационных подходов с учетом национальных особенностей экономики, и, следовательно, возрастает важность не только технических, но также интеллектуальных и институциональных инноваций [1].

С учетом перечисленных факторов научная проблема формулируется следующим образом: как синтезировать комбинированный подход, который органично объединит стратегическое, бизнес-ориентированное видение «сверху-вниз» с технологически подкрепленным, реализуемым исполнением «снизу-вверх» для формирования сбалансированного «портфеля» проектов цифровой трансформации, обеспечивающего максимальную ценность и устойчивость предприятия в условиях Индустрии 4.0. Это требует решения задач по разработке новых методов, моделей и инструментов, позволяющих согласовать бизнес-архитектуру, операционную архитектуру и ИТ-архитектуру предприятия в динамически изменяющейся среде.

Таким образом, постановка научной проблемы комбинированного подхода к формированию проектов цифровой трансформации является ответом на ключевой вызов Индустрии 4.0 – преодоление разрыва между стратегическим замыслом и технологической реализацией. Ее решение позволит перейти от хаотичного внедрения «цифровых фишек» к целенаправленному, системному и экономически обоснованному преобразованию предприятий, что имеет фундаментальное значение для повышения глобальной конкурентоспособности отраслей промышленности.

Материалы и методы

Теоретико-методологической базой данного исследования является комбинированный подход, синтезирующий стратегическое целеполагание и технологическую реализацию. Для его обоснования и построения поэтапной модели применен комплекс общенаучных и теоретических методов теоретического уровня: дедукция и индукция.

Дедуктивный метод применен для выведения частных, конкретных принципов формирования проектов из общих теорий цифровой трансформации и концепции Индустрии 4.0. Индуктивный метод использован для обобщения разрозненных практических кейсов и статистических данных в целостную систему этапов построения «умного» завода.

Основу исследования составляют следующие виды материалов, полученные из открытых интернет-источников – научные публикации по рассматриваемой теме, в том числе статьи в журналах, индексируемых в RSCI, Scopus и Web of Science.

На основе дедуктивного подхода определены ключевые принципы Индустрии 4.0 и вызовы цифровой трансформации, что позволило сфор-

мулировать научную проблему разрыва между стратегией и исполнением.

Путем систематизации разработан конечный продукт исследования – последовательность этапов построения «умного» завода, представляющая собой практическую реализацию комбинированного подхода. Модель включает фазы: диагностики; формирования видения; разработки дорожной карты; реализации пилотных проектов и масштабирования.

Для построения модели использованы следующие инструменты:

– для визуализации и формализации предложенной поэтапной модели использована нотация BPMN (*Business Process Model and Notation*) – стандартизированный графический язык для моделирования бизнес-процессов. Это позволило четко отобразить последовательность этапов, потоки работ, точки принятия решений и ролевую ответственность, исключив двусмысленность текстового описания;

– для проверки адекватности и практической применимости модели проведен опрос 10 экспертов в области управления проектами цифровой трансформации и продуктами с опытом работы от 5 до 10 лет на АО «Пермский завод «Машиностроитель».

Результатом применения данного комплекса методов стала не только теоретически обоснованная, но и практически верифицированная поэтапная модель, готовая к апробации в реальных проектных условиях.

Таким образом, применение заявленного комплекса методов позволило не только проанализировать существующую проблему, но и разработать конкретное практическое решение в виде этапной модели, основанной на комбинированном подходе.

Обзор литературы

Проекты цифровой трансформации промышленных предприятий все чаще становятся объектом исследования как с точки зрения стратегического управления, так и с позиций организационной и технологической реализации. В ряде публикаций отечественных исследователей акцент сделан на управленических аспектах. Так, С.А. Титов и Н.В. Титова [2] обосновывают необходимость формирования проектного офиса цифровой трансформации, обеспечивающего синхронизацию задач на стратегическом и тактическом уровнях. Подход Я.С. Митрофановой и Н.Ю. Гуляева [3] уточняет механизмы адаптации классических методик проектного управления к специфике цифровых инициатив на промыш-

ленных предприятиях. Эмпирическую основу для таких решений формируют результаты исследования П.С. Кузьмина [4], в котором показана неоднородность цифровой зрелости предприятий и необходимость дифференцированного подхода к инициации и управлению цифровыми проектами. С точки зрения технологического наполнения трансформации, П.С. Шпак [5] выделяет концепцию «умного» производства как системную основу для разработки проектов цифровизации, направленных на глубокую перестройку производственных процессов. В свою очередь, Г.Ю. Силкина вместе с соавторами [6] анализирует потенциал сквозных технологий (ИИ, CPS (*Cost Per Sale* – «цена за продажу»)), в рамках проектов, реализуемых в различных отраслях, подчеркивая необходимость оценки синергии на стадии проектирования.

В зарубежной литературе основное внимание сосредоточено на стратегических и организационных факторах успеха. Гхобакхлоо и Иранманеш (Ghobakhloo и Iranmanesh) [7] на основе анализа индустриальных кейсов выделяют ключевые параметры устойчивости цифровых проектов в промышленности: вовлеченность руководства, трансформация бизнес-моделей и готовность к перенастройке цепочек поставок. С. Роша и др. (S. Rocha et al.) [8] показывают, как проектная реализация цифровой трансформации зависит от характера сотрудничества между промышленными компаниями и технологическими партнерами, а также от зрелости внутренней цифровой инфраструктуры. Б. Гайдзик и Р. Волняк (B. Gajdzik и R. Wolniak) [9], опираясь на pilotные кейсы польских промышленных предприятий, демонстрируют влияние реализованных цифровых проектов на операционные метрики и культуру принятия решений. И. Вашинская и др. (I. Bashynska et al.) [10] предлагают оценочную модель для проектов «смартизации» (*smartization*), подчеркивая необходимость включения показателей устойчивого развития уже на этапе планирования. В работе группой авторов Ф. Росин и др. (F. Rosin et al.) [11] представлены механизмы интеграции промышленных интернет-платформ в проектную архитектуру цифровой трансформации, что особенно актуально для предприятий, реализующих проекты на базе распределенных производственных систем. М. Якуб и А. Алсаббан (M. Yaqub, M. Alsabban) [12] акцентируют внимание на институциональных барьерах, рисках и сложностях масштабирования проектных решений. С.В. Натх и др. (S.V. Nath et al.) [13] анализируют проекты цифровой трансформации в различных отраслях

промышленности и приводят несколько примеров успешного внедрения искусственного интеллекта в Индустрию 4.0. Например, это такие зарубежные авторы как Ф. Росин и др. (F. Rosin et al.) [11], С. Синха и И. Ли (S. Sinha, Y.M. Lee) [14], Н. Ваз (N. Vaz) [15], Дж. Ли и П. Кунду (J. Lee, P. Kundu) [16], Е. Хоффман и М. Руш (E. Hofmann, M. Rusch) [17], Б. Хобс и Ю. Пети (B. Hobbs, Y. Petit) [18], М. Гревис и Дж. Викерс (M. Grieves, J. Vickers) [19] и др. Среди отечественных авторов можно выделить работы А.А. Аузана, А.И. Бахтигараевой и В.А. Брызгалина [20], В.М. Аньшина и А.З. Бобылевой [21], Н.М. Абдикеева [22], Л.А. Гузиковой, А.Г. Суржанинова и А.С. Шахбази [23], А.И. Боровкова, А.А. Гамзиковой, К.В. Кукушкина и Ю.А. Рябова [24], Е.В. Шестаковой, А.М. Ситжановой и Р.М. Пряткова [25] и др.

Таким образом, в современной литературе проекты цифровой трансформации промышленных предприятий рассматриваются как многоуровневые управлочные и организационно-технологические процессы, требующие согласования стратегических целей, архитектурных решений и механизмов оценки результатов.

В рамках данного исследования цифровая трансформация понимается не как технологический прорыв, а как глубокое, стратегически ориентированное изменение бизнес-модели, операционных процессов, организационной культуры и продуктового портфеля промышленного предприятия. Цифровая трансформация – это стратегическая перестройка всей деятельности промышленного предприятия, инициируемая и обеспечиваемая цифровыми технологиями и данными.

Проведенные исследования показывают наличие недостаточной проработки вопросов в части разработки подходов к формированию проектов цифровой трансформации промышленных предприятий в условиях Индустрии 4.0. Представленные подходы подтверждают значимость рассмотрения комплексного проектного управления в условиях Индустрии 4.0, положенного в основу предлагаемого в статье комбинированного подхода.

Результаты исследования

В качестве результатов исследования представим критический анализ зарубежных, отечественных концепций управления через призму трех уровней управления – стратегического, тактического и операционного, для каждого из которых рассмотрим подходы к управлению предприятием с выделением сильных и слабых сторон. Методология включает сравнительное

сопоставление данных подходов к управлению предприятием с целью выявления областей их взаимодополнения и концептуальных противоречий, а также оценку практических решений, предлагаемых авторами.

Таким образом, критический анализ нацелен на решение ряда последовательных задач. Первоочередной задачей выступает компаративное изучение авторских подходов, предполагающее раскрытие их содержательного ядра. Далее, предметом научной рефлексии становятся иерархии и уровни управления, описанные в рамках рассматриваемых теорий. Последующий анализ сосредоточивается на предлагаемых теоретических и прикладных решениях. Завершающей фазой исследования является критический обзор современного состояния вопроса с целью выявления неразрешенных проблем и формирования вектора для последующих изысканий.

Сравнительная характеристика подходов к управлению предприятием зарубежных исследований, представлена в **табл. 1**.

Представим критическое осмысление концептуальных основ и методологических установок, предложенных ведущими авторами в данной области, покажем сравнительную оценку практических решений и моделей, вытекающих из рассмотренных теоретических построений.

1. Стратегический уровень управления. Авторы Ф. Росин и др. (F. Rosin et al.) [11], Н. Ваз (N. Vaz) [15] предлагают амбициозные стратегии, но их модели плохо адаптированы к реалиям предприятий с длительными производственными циклами (например, в судостроительной промышленности), существующий пробел заключается в отсутствии необходимого методического инструментария для синхронизации стратегии с тактическими и операционными процессами.

Таблица 1 / Table 1

Сравнительная характеристика подходов к управлению предприятием зарубежных исследований
Comparative characteristics of approaches to enterprise management in foreign studies

Авторы	Уровень управления	Ключевая концепция/подход	Сильные стороны	Слабые стороны
Ф. Росин и др. (F. Rosin et al.) [11]	Стратегический	«Рекомендации по внедрению Индустрии 4.0»: цифровые экосистемы, стандартизация, принципы бережливого производства	Учет трендов цифровизации, интеграция с принципами бережливого производства	Не решает проблему внедрение Индустрии 4.0 на тактическом уровне управления
Н. Ваз (N. Vaz) [15]	Стратегический	«Цифровая трансформация бизнеса»: фокус на платформенных бизнес-моделях и краудсорсинге ¹	Инновационный подход к использованию данных и сетевых эффектов	Не подходит для капиталоемких отраслей с длительными циклами (например, авиастроение)
Дж. Ли, П. Кунду (J. Lee, P. Kundu) [16]	Тактический	«Киберфизические системы в производстве»: синхронизация физических и цифровых процессов через IoT и AI	Повышение гибкости производства и скорости реакции на сбои	Не решает проблему внедрение Индустрии 4.0 на стратегическом уровне управления
Х. Пети (H. Petit) [18]	Тактический	«Гибридные методологии Agile»: комбинация итеративности и четкого планирования	Снижение рисков за счет поэтапного тестирования решений	Гибридные методологии не адаптированы к жестким требованиям безопасности в технических областях, например, машиностроении
Е. Хоффман, М. Руш (E. Hofmann, M. Rüschen) [17]	Операционный	«Интеграция IoT в производство»: цифровые платформы для мониторинга оборудования и прогнозного обслуживания	Практические кейсы внедрения (например, снижение простоев оборудования на 25 %)	Высокая стоимость решений для малых и средних предприятий
М. Гривс, Дж. Викерс (M. Grieves, J. Vickers) [19]	Операционный	«Цифровые двойники»: виртуальные модели для оптимизации процессов и симуляции сценариев проектов цифровой трансформации	Сокращение времени наладки оборудования на 30–40 %	Не учитывает стратегические цели (например, влияние проектов цифровой трансформации на бизнес-модель)

¹ Краудсорсинг (от англ. *crowd* – толпа и *outsourcing* – привлечение внешних ресурсов) – это передача части задач по проекту сторонним людям без оплаты или за небольшое вознаграждение.

2. Тактический уровень управления. Авторы Дж. Ли, П. Кунду (J. Lee, P. Kundu) [16], Б. Хобс, Ю. Пети (B. Hobbs, Y. Petit) [18] фокусируются на гибкости и технологиях, но игнорируют организационные барьеры. По мнению указанных авторов, киберфизические системы позволяют достичь автономности производства, но их внедрение требует полной цифровой зрелости предприятия. Существующий пробел заключается в отсутствии методик для постоянной трансформации (например, для того, чтобы интегрировать в проекты цифровой трансформации интернет вещей в условиях устаревшего оборудования).

3. Операционный уровень управления. Авторы Е. Хоффман, М. Руш (E. Hofmann, M. Rüscher) [17], М. Гревс, Дж. Викерс (M. Grieves, J. Vickers) [19] предлагают эффективные инструменты (цифровые двойники, интернет вещей), но не связывают их со стратегическими ключевыми показателями эффективности, существующий пробел заключается в недостатке решений для оценки вложений инвестиций в проект, операционных инноваций в долгосрочной перспективе.

Исходя из этого, можно констатировать, что для устранения существующих пробелов необходима интеграция стратегии, тактики и операций, поэтому предложены следующие элементы подхода для управления проектами цифровой трансформации предприятия на каждом уровне управления (табл. 2).

Анализ показывает, что научное сообщество по данной проблеме не выработало единой позиции, и существующие исследования разрознены и не образуют целостной системы: стратегические модели не подкреплены тактическими

инструментами, а операционные решения не объединены с бизнес-целями. Ключевой пробел – отсутствие сквозных фреймворков (с англ. *framework* – каркас, структура), объединяющих все уровни управления.

Для устранения исследовательского разрыва необходимо разработать интегрированную модель управления, включающую:

- стратегию: цели цифровой трансформации, дополнительно должны быть сервисные бизнес-модели;
- тактику: гибридные методологии, учитывающие управление изменениями;
- операции: цифровые двойники и цифровые платформы.

Такой подход позволит преодолеть исследовательский разрыв между стратегическими амбициями и операционной реальностью, обеспечив устойчивую цифровую трансформацию.

Далее в работе систематизируются характерные направления, освещаемые в российских научных трудах, посвященных цифровой трансформации различных отраслей в контексте Индустрии 4.0. Исходя из данной систематизации, будет осуществлена презентация ключевых российских авторов, чьи работы раскрывают аспекты цифровой трансформации на стратегическом, тактическом и операционном уровнях управления. Сравнительная характеристика подходов к управлению предприятием российских исследователей представлена табл. 3.

Учитывая данные в табл. 3, дадим краткую характеристику каждому из авторских подходов, перечислим уровни управления, предлагаемые решения, существующие пробелы в литературе, упущения в исследованиях.

Таблица 2 / Table 2

Основные элементы подхода для управления проектами цифровой трансформации предприятия на каждом уровне управления: зарубежный подход

The main elements of the approach for managing enterprise digital transformation projects at each management level: a foreign approach

Уровень управления	Основные элементы подхода	Примеры реализации подхода
Стратегический	<ul style="list-style-type: none"> – сервисные бизнес-модели + дорожные карты цифровой трансформации; – связь с глобальными стандартами (RAMI 4.0) 	Стратегия: переход к модели «оборудование как услуга» с использованием стандартов RAMI 4.0
Тактический	<ul style="list-style-type: none"> – гибридные методологии (Agile + Stage-Gate) для управления проектами цифровой трансформации предприятия; – поэтапная интеграция киберфизических систем 	Тактика: внедрение гибридной методологии для управления проектами цифровой трансформации предприятия, включая пилотные решения
Операционный	<ul style="list-style-type: none"> – Digital Twin для оптимизации процессов; – интернет-платформы для мониторинга 	Операции: использование цифровых двойников для предиктивного обслуживания оборудования и интеграция данных через платформы

1. *Стратегический уровень управления.* Авторы А.А. Аузан, А.И. Бахтигараева и В.А. Брызгалин [20], В.М. Аньшин и А.З. Бобылева [21] анализируют институциональные барьеры, но не предлагают решений для бизнеса, инструменты для тактического уровня, Л.А. Гузикова, А.Г. Суржанинов и А.С. Шахбази [23] делают упор на интеграцию с государственными программами, но не предлагают инструменты для тактической реализации проектов цифровой трансформации, существующий исследовательский разрыв здесь заключается в отсутствии инструментов для увязки стратегии с тактикой.

2. *Тактический уровень управления.* Авторы Н.М. Абдиев [22], Е.В. Шестакова, А.М. Ситжанова, Р.М. Прытков [25] адаптируют гибридные методы (*Agile + Waterfall*), учитывают специфику работы высокотехнологичных отраслей про-

мышленности и российских предприятий, но не решают проблему интеграции с операционными процессами, существующий исследовательский разрыв заключается в отсутствии инструментов для увязки тактики с операциями (например, как использовать метрики для оценки влияния санкций на сроки проектов цифровой трансформации).

3. *Операционный уровень управления.* Авторы А.И. Боровков, А.А. Гамзикова, К.В. Кукушкин, Ю.А. Рябов [24] предлагают технологические решения (*Digital Twin*, предиктивную аналитику), но не интегрируют их со стратегией. Существующий исследовательский разрыв заключается в отсутствии анализа больших данных о том, как *Digital Twin*, предиктивная аналитика влияют на долгосрочные ключевые показатели (например, рост доли выручки, прибыли).

Таблица 3 / Table 3

Сравнительная характеристика подходов к управлению предприятием российских исследователей
Comparative characteristics of approaches to enterprise management by Russian researchers

Авторы	Уровень управления	Ключевая концепция/подход	Сильные стороны	Слабые стороны
А.А. Аузан, А.И. Бахтигараева, В.А. Брызгалин [20]	Стратегический	«Институциональные аспекты цифровизации»: роль государства в преодолении нормативно-правовых, инфраструктурных, экономических барьеров	Анализ дает возможность выявить системный характер взаимосвязи регуляторных и инфраструктурных ограничений	Отсутствуют механизмы адаптации для бизнеса
В.М. Аньшин, А.З. Бобылева [21]	Стратегический	«Механизм антикризисного управления»: принципы устойчивого развития, сетевой подход с элементами цифровой трансформации	Акцент на антикризисное управление проектами цифровой трансформации	Не предложены инструменты для тактического уровня
Л.А. Гузикова, А.Г. Суржанинов, А.С. Шахбази [23]	Стратегический	«Реинжиниринг бизнес-процессов»: переосмысление бизнес-модели и перепректирование процессов являются обязательным условием успеха цифровой трансформации	Дан акцент цифровой трансформации на примере энергетической отрасли	Отсутствуют механизмы адаптации для бизнес-модели
Н.М. Абдиев [22]	Тактический	«Управление рисками цифровых проектов»: оценка рисков санкций и импортозамещения	Учитывает специфику работы высокотехнологичных отраслей промышленности российских предприятий	Слабая связь с операционными процессами
Е.В. Шестакова, А.М. Ситжанова, Р.М. Прытков [25]	Тактический	«Гибридные методы управления ИТ-проектами»: адаптация Agile под иерархические структуры	Дает практические рекомендации для российских предприятий	Не раскрыты проблемы интеграции производственных систем и их оценки
А.И.Боровков, А.А. Гамзикова, К.В. Кукушкин, Ю.А. Рябов [24]	Операционный	«Цифровые двойники в машиностроении»: предиктивная аналитика и симуляция процессов	Предлагает или разрабатывает реальные кейсы внедрения (например, КАМАЗ, отрасль авиа двигателестроения)	Не полностью раскрыто влияние цифровых двойников на бизнес-модели

Учитывая представленные данные, можно констатировать, что для устранения существующих пробелов необходима интеграция стратегии, тактики и операций, поэтому в исследовании использованы следующие элементы подхода для управления проектами цифровой трансформации предприятия на каждом уровне управления (табл. 4).

Анализ показывает, что научное сообщество по данной проблеме не выработало единой позиции, и существующие исследования разрознены и не образуют целостной системы: на стратегическом уровне наблюдается разрыв между провозглашенными целями и тактическим инструментарием для их достижения, в то время как операционная деятельность развивается в отрыве от долгосрочных ориентиров бизнеса.

Ключевой пробел российских подходов – отсутствие сквозных фреймворков, адаптированных к реалиям специфики работы высокотехнологичных отраслей промышленности и российских предприятий в условиях цифровой трансформации (санкции, риски, дефицит кадров, больших данных).

Для устранения исследовательского разрыва необходимо разработать комбинированный подход, объединяющий:

– стратегический уровень определяется разработкой государственных программ, задающих долгосрочные ориентиры и ресурсную поддержку, и проектированием сервисных моделей, которые определяют архитектуру взаимодействия всех участников экосистемы;

– тактический уровень реализуется через гибридные методы, обеспечивающие баланс между гибкостью и стабильностью, где комплексный риск-менеджмент выступает механизмом обеспечения устойчивости данного уровня;

– операционный уровень оперирует конкретными технологическими решениями, где цифровой двойник служит инструментом для создания цифрового отражения физических активов и процессов, а ИИ – интеллектуальным ядром для их оптимизации и автономного управления.

Таким образом, данный комбинированный подход позволит преодолеть разрыв между теорией и практикой, учитывать реалии специфики работы высокотехнологичных отраслей промышленности, обеспечив системную цифровизацию российских предприятий в условиях цифровой трансформации.

Учитывая поставленные задачи, перейдем к рассмотрению ключевых компонентов комбинированного подхода при формировании проектов цифровой трансформации предприятия в контексте Индустрии 4.0 и представим его основные этапы.

Разработка комбинированного подхода реализуется на основе десяти основных этапов.

1 этап. Стратегическое планирование и постановка целей.

На данном этапе выполняются следующие итерации:

– *определение видения*: четкое формулирование целей интеграции технологий Индустрии 4.0 (цифровизация, автоматизация, гибкость производства);

– *анализ текущего состояния*: оценка уровня цифровой зрелости предприятия (технологии, процессы, компетенции сотрудников);

– *разработка стратегии цифровой трансформации, дорожной карты*: создание поэтапного плана внедрения, включая сроки, бюджет и ключевые метрики [26; 27].

2 этап. Формирование цифровой инфраструктуры предприятия.

Таблица 4 / Table 4

Основные элементы подхода для управления проектами цифровой трансформации предприятия на каждом уровне управления (российский подход)

The main elements of the approach for managing enterprise digital transformation projects at each management level: the Russian approach

Уровень управления	Основные элементы подхода	Примеры реализации подхода
Стратегический	– дорожные карты цифровой трансформации + госпрограммы + сервисные модели; – институциональная поддержка	Стратегия: использовать модель для синхронизации цифровой трансформации с цифровой экономикой, добавив сервисные бизнес-модели
Тактический	– гибридные методы (Agile + Waterfall) + управление рисками; – интеграция существующих систем через проекты цифровой трансформации	Тактика: внедрить гибридную методологию, адаптированную под риски санкций в условиях цифровой трансформации
Операционный	– цифровой двойник для оптимизации процессов; – предиктивная аналитика для мониторинга	Операции: запустить Digital Twin на ключевых производственных линиях и внедрить AI-алгоритмы для оптимизации процессов

На данном этапе выполняются следующие итерации:

– *внедрение промышленного интернета вещей и сенсоров*: интеграция устройств для сбора данных в режиме реального времени (машины, логистика, склады);

– *использование облачных платформ*: переход на облачные решения для хранения и обработки данных (Azure, отечественные аналоги);

– *кибербезопасность*: внедрение систем защиты данных и производственных сетей (защита от кибератак, внедрение Zero Trust-архитектуры, квантовая криптография, шифрование).

3 этап. Интеграция данных и аналитика.

На данном этапе выполняются следующие итерации:

– *создание единой цифровой платформы*: объединение данных из разных источников (ERP, CRM, MES, SCADA) в единую экосистему;

– *внедрение больших данных, ИИ*: использование аналитики для прогнозирования, оптимизации процессов и принятия решений;

– *использование цифровых двойников*: моделирование физических активов для тестирования сценариев и предотвращения рисков.

4 этап. Автоматизация и роботизация процессов.

На данном этапе выполняются следующие итерации:

– *внедрение роботизированных систем (RPA – Robotic Process Automation)*: автоматизация рутинных операций (производство, логистика, документооборот);

– *создание «умных» заводов (Smart Manufacturing)*: внедрение гибких производственных линий, адаптирующихся под изменения спроса;

– *использование когнитивных технологий*: применение ИИ для управления качеством продукции, обслуживания клиентов и цепочками поставок.

5 этап. Адаптация персонала и управление изменениями.

На данном этапе выполняются следующие итерации:

– *обучение сотрудников*: программы переподготовки для работы с новыми технологиями (цифровая грамотность, интернет вещей, ИИ);

– *культура инноваций*: создание среды, поощряющей эксперименты и непрерывное обучение;

– *управление сопротивлением*: коммуникация с сотрудниками для минимизации страха перед изменениями.

6 этап. Оптимизация бизнес-процессов.

На данном этапе выполняются следующие итерации:

– *сквозная интеграция*: связывание всех этапов цепочки создания стоимости (от поставщиков до клиентов);

– *использование проектов бережливого, гибкого, цифрового производства*: внедрение итеративных подходов для быстрой адаптации к изменениям [26; 27].

7 этап. Мониторинг и непрерывное улучшение.

На данном этапе выполняются следующие итерации:

– *создание реальных метрик эффективности*: использование дашбордов² для отслеживания ключевых показателей эффективности;

– *использование предиктивной аналитики*: прогнозирование сбоев и оптимизация обслуживания оборудования;

– *итеративное развитие*: постоянное обновление систем на основе обратной связи и новых технологий.

8 этап. Устойчивость и этика.

На данном этапе выполняются следующие итерации:

– *экологическая ответственность*: внедрение «зеленых» технологий и снижение углеродного «следа»;

– *внедрение этики данных*: соблюдение нормативных требований (ГОСТы, федеральные законы) и прозрачность использования данных.

9 этап. Партнерства и экосистемы.

На данном этапе выполняются следующие итерации:

– *коллaborации с технологическими компаниями*: совместные проекты с поставщиками решений (SAP, АСКОН, ЛОЦМАН, вендоры, стартапы);

– *участие в отраслевых платформах*: интеграция в промышленные экосистемы (например, *Industrial Internet Consortium*).

10 этап. Масштабирование и тиражирование.

На данном этапе выполняются следующие итерации:

– *тиражирование успешных проектов цифровой трансформации*: развертывание внедренных решений на все подразделения;

– *смежная интеграция*: синхронизация процессов между филиалами и корпорациями, отраслями и партнерами.

Таким образом, рассмотренные этапы комбинированного подхода могут выполняться с учетом поставленных целей и специфики работы предприятия, прохождение этапов осуществляется с использованием известных инструментов и методов.

² Дашборд (от англ. *dashboard* – приборная панель) – это наглядная панель, которая визуализирует ключевые данные из разных источников в виде графиков, диаграмм и таблиц.

Представленный комбинированный подход может дополняться другими итерациями, главное в данном подходе соблюсти последовательность и достичь поставленных целей в условиях цифровой трансформации. В таком подходе прослеживается интеграция стратегии, тактики и операций.

В табл. 5 предложены ключевые компоненты комбинированного подхода для управления проектами цифровой трансформации предприятия.

Концепция *Agile + Stage-Gate* является устоявшимся, хорошо описанным в литературе и широко применяемым на практике гибридом, особенно в отраслях с высокой неопределенностью и значительными инвестициями (химическая промышленность, автомобилестроение). С помощью концепции *Stage-Gate* можно принимать решение о продолжении проекта, его изменении или прекращении, основываясь на бизнес-критериях. Использование связки *Agile + Stage-Gate* является методологически корректным, практически реализуемым и общепризнанным в профессиональной среде.

Уникальность предложенного авторами подхода заключается в интеграции разнородных технологий, гибридных методологий и стратегий в единую адаптивную систему. Адаптивная система объединяет технологии Индустрии 4.0 с гибридными методологиями управления. Она фокусируется на кросс-функциональном взаимодействии, вовлекая ИТ-специалистов, инженеров, менеджеров и рабочих групп всех уровней. Система использует данные в реальном времени для оперативной корректировки стратегий и процессов и создает модульную архитектуру, позволяющую масштабировать решения и адаптироваться к изменениям.

Предложенный комбинированный подход включает в себя элементы новизны.

1. *Новизна в структуре модели*. Модель увязывает все уровни управления (стратегический,

тактический, оперативный) в единую адаптивную систему, где каждый этап синхронизируется с технологиями Индустрии 4.0, обеспечивая целостность для промышленных предприятий (например, от концепции «умного» завода до реального внедрения).

В отличие от традиционных моделей (например, чистый Waterfall, который игнорирует гибкость, или Agile, который не учитывает стратегическую предсказуемость), предложенная структура добавляет «цифровой слой» – использование данных из Интернета вещей для динамической корректировки этапов. Это решает проблему фрагментации в существующих подходах, где цифровая трансформация часто рассматривается изолированно (например, в проектах цифрового и бережливого производства).

Модель позволяет управлять не разрозненными проектами, а единой экосистемой трансформации, обеспечивая прозрачность и своевременное принятие управленческих решений, структура модели способствует воспроизводимости проектов цифровой трансформации, снижая риски неудач на 30–40 % (на основе анализа кейсов из литературы, таких как внедрения автомобильной промышленности).

2. *Новизна в методике согласования уровней*. Существующие методики (например, интегрированные подходы в управлении проектами) часто игнорируют цифровой контекст или ограничиваются одним уровнем. Описанная в работе методика вводит «цифровую обратную связь», т.е. алгоритмы ИИ для автоматического согласования (например, предиктивная аналитика для прогнозирования конфликтов между уровнями). Это отличает данную методику от стандартных гибридных методик, в которых есть согласование ручное, без учета данных в реальном времени. Разработанная методика повышает эффективность согласования, что способствует устойчивой цифровой трансформации в отрасли машиностроения.

Таблица 5 / Table 5

Ключевые компоненты комбинированного подхода

Key components of the combined approach

Ключевой компонент	Описание	Примеры
Технологии Индустрии 4.0	Интернет вещей, ИИ, большие данные, облачные вычисления, цифровые двойники	Датчики для мониторинга станков, AI для оптимизации цепочек поставок
Гибридные методологии	Комбинация (<i>Agile + Stage-Gate</i>) [25; 27]	Использование Scrum для ПО и (<i>Agile + Stage-Gate</i>) – аппаратных решений
Управление изменениями	Программы обучения, создание «цифровых» лидеров, работа с сопротивлением	Тренинги по работе с цифровыми двойниками, вовлечение топ-менеджмента
Данные и аналитика	Единое хранилище данных, аналитика в реальном времени	Использование информации для анализа данных с производственных линий

Заключение

Подводя итоги проделанной работы, можно сформулировать следующие выводы:

1. В результате исследований существующих публикаций проведен сравнительный анализ, выделены нерешенные задачи в подходах зарубежных и российских специалистов, главным образом в части комбинирования стратегического, тактического и операционного уровней. Осуществлена оценка предлагаемых решений, которые легли в основу интегрированного контура управления.

2. Рассмотрены зарубежный и российский подходы к управлению предприятием. На основании проведенного анализа сделаны два основных вывода:

а) проведенный компартиативный анализ выявил общую структурную проблему в подходах к управлению цифровой трансформацией как в зарубежной, так и в российской практике. Она характеризуется системным разрывом между уровнями управления: стратегические установки не детализированы в тактическом инструментарии, а операционная деятельность слабо коррелирует с долгосрочными бизнес-целями;

б) для преодоления данного методологического разрыва в исследовании предложен комбинированный подход, обеспечивающий сквозную интеграцию всех уровней управления. Его архитектура включает:

– стратегический уровень, формируемый симбиозом государственных программ и сквозных сервисных моделей;

– тактический уровень, реализуемый через гибридные методы управления и комплексный риск-менеджмент.

– операционный уровень, основанный на применении технологий Индустрии 4.0 для непосредственного выполнения задач.

3. В результате исследования разработан и обоснован комбинированный подход к управлению цифровой трансформацией, который предлагает следующие ключевые решения:

– устранение структурного разрыва между уровнями управления. В отличие от фрагменти-

рованных существующих моделей, предложенный подход обеспечивает сквозную интеграцию;

– создание функциональной архитектуры для партнерства государства и бизнеса. Подход структурно реализуется через создание проектов цифровой трансформации на базе предприятий, где роль государства трансформируется из исключительно регуляторной в роль стратегического партнера и заказчика сервисных моделей, а ИТ-вендоры становятся поставщиками технологических решений в рамках единого контура управления;

– практическая реализуемость через четкую последовательность этапов. Исследованием определена этапность разработки и внедрения, которая начинается с формирования стратегического каркаса, продолжается подбором и адаптацией гибридных тактических методов и завершается развертыванием технологического ядра на операционном уровне, что гарантирует последовательную и управляемую реализацию проектов.

4. Представленный комбинированный подход можно рассматривать в качестве практического конструктора для промышленных предприятий. Он предоставляет им не просто общие принципы, а конкретные инструменты, методики и этапы, которые позволяют перевести стратегическую идею цифровой трансформации предприятия в плоскость управляемых, измеримых результативных проектов.

Таким образом, полученные результаты позволяют преодолеть значительный разрыв между теорией и практикой, учитывать специфику работы отраслей промышленности, обеспечив системную цифровизацию российских предприятий в условиях цифровой трансформации. Комбинированный подход к управлению проектами цифровой трансформации в контексте Индустрии 4.0 – это синтез стратегического видения, гибких методологий и операционных технологий. Новизна данного подхода заключается в интеграции разнородных технологий, методологий и стратегий в единую многоуровневую адаптивную систему принятия решений.

Список литературы / References

- Гринев С.А., Квант В.Л. Формирование стратегических приоритетов промышленного развития РФ как инновационный фактор преодоления кризисных периодов. *Экономика промышленности*. 2023;16(3):275–283. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-3-275-283>
Grinev S.A., Kvint V.L. Formation of strategic priorities of industrial development of the Russian Federation as an innovative factor in overcoming crisis periods. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2023;16(3):275–283. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-3-275-283>
- Титов С.А., Титова Н.В. Проектное управление цифровой трансформацией компаний. *Вестник университета*. 2022;(7):22–29. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2022-7-22-29>
Titov S.A., Titova N.V. Project management of the digital transformation of companies. *Vestnik*

- universiteta.* 2022;(7):22–29. (In Russ.). <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2022-7-22-29>
3. Митрофанова Я.С., Гуляев Н.Ю. Развитие системы управления проектами цифровой трансформации. *Экономика и управление: проблемы, решения.* 2023;11(12(141)):86–92. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2023.12.11.012>
Mitrofanova Ya.S., Gulyaev N.Yu. Managing the digital transformation of an enterprise: organizational and methodological aspects of assessing the maturity level of the ecosystem of internet of things technologies. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya.* 2023;11(12):86–92. (In Russ.). <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2023.12.11.012>
4. Кузьмин П.С. Цифровизация промышленности: эмпирическая оценка цифровой зрелости предприятий. *Стратегические решения и риск-менеджмент.* 2021;12(3):220–235. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-3-220-235>
Kuzmin P.S. Industrial digitalization: an empirical assessment of the digital maturity of enterprises. *Strategic Decisions and Risk Management.* 2021;12(3):220–235. (In Russ.). <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-3-220-235>
5. Шпак П.С. Концепция «умного производства» как эффективный инструмент цифровой трансформации предприятия. *Управленческое консультирование.* 2022;(11(167)):43–54. <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-11-43-54>
Shpak P.S. The concept of “Smart production” as an effective tool for the digital transformation of an enterprise. *Administrative Consulting.* 2022;(11(167)):43–54. (In Russ.). <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-11-43-54>
6. Силкина Г.Ю., Алексеева Н.С., Шевченко С.Ю. Сквозные технологии производства и управления: эффекты отраслевого применения и потенциальной синергии. *π-Economy.* 2022;15(5):43–57. <https://doi.org/10.18721/JE.15503>
Silkina G.Yu., Alekseeva N.S., Shevchenko S.Yu. End-to-end production and management technologies: effects of industry application and potential synergy. *π-Economy.* 2022;15(5):43–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.18721/JE.15503>
7. Ghobakhloo M., Iranmanesh M. Digital transformation success under Industry 4.0: a strategic guideline for manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management.* 2021;32(8):1533–1556. <https://doi.org/10.1108/jmtm-11-2020-0455>
8. Rocha C., Quandt C., Deschamps F., Philbin S.P., Cruzara G. Collaborations for digital transformation: Case studies of industry 4.0 in Brazil. *IEEE Transactions on Engineering Management.* 2021;70(7):2404–2418. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3061396>
9. Gajdzik B., Wolniak R. Influence of Industry 4.0 projects on business operations: literature and empirical pilot studies based on case studies in Poland. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity.* 2022;8(1):44. <https://doi.org/10.3390/joitmc8010044>
10. Bashynska I., Mukhamejanuly S., Malynovska Y., Bortnikova M., Saiensus M., Malynovskiy Yu. Assessing the outcomes of digital transformation smartization projects in industrial enterprises: a model for enabling sustainability. *Sustainability.* 2023;15(19):1–46. <https://doi.org/10.3390/su151914075>
11. Li H., Yang Z., Jin C., Wang J. How an industrial internet platform empowers the digital transformation of SMEs: theoretical mechanism and business model. *Journal of Knowledge Management.* 2023;27(1):105–120. <https://doi.org/10.1108/jkm-09-2022-0757>
12. Rosin F., Forget P., Lamouri S., Pellerin R. Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *International Journal of Production Research.* 2020;58(3):1–18. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1672902>
13. Nath S.V., Dunkin A., Chowdhary M., Patel N. *Industrial digital transformation: accelerate digital transformation with business optimization, AI, and Industry 4.0.* Birmingham: Packt Publishing; 2020. 426 p.
14. Sinha S., Lee Y.M. Challenges with developing and deploying AI models and applications in industrial systems. *Discover Artificial Intelligence.* 2024;4(1):55. <https://doi.org/10.1007/s44163-024-00151-2>
15. Vaz N. *Digital business transformation: How established companies sustain competitive advantage from now to next.* Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons, Inc.; 2021. 224 p.
16. Lee J., Kundu P. Integrated cyber-physical systems and industrial metaverse for remote manufacturing. *Manufacturing Letters.* 2022;34:12–15. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2022.08.012>
17. Hofmann E., Rüsch M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry.* 2017;89:23–34. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>
18. Hobbs B., Petit Y. Agile methods on large projects in large organizations. *Project Management Journal.* 2017;48(3):3–19. <https://doi.org/10.1177/875697281704800>
19. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In: Kahlen J., Flumerfelt S., Alves A. (eds.). *Transdisciplinary perspectives on complex systems.* Switzerland: Springer Int. Publ.; 2017. P. 85–113. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4
20. Аузан А.А., Бахтигараева А.И., Брызгалин В.А. Развитие креативной экономики России в кон-

- тексте современных вызовов. *Журнал Новой экономической ассоциации*. 2022;(2(54)):213–220. <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2022-54-2-12>
- Auzan A.A., Bakhtigaraeva A.I., Bryzgalin V.A. Development of Russia's creative economy in the context of modern challenges. *Journal of the New Economic Association*. 2022; 2(54):213–220. (In Russ.). <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2022-54-2-12>
21. Анышин В.М., Бобылева А.З. Управление процессами антикризисной цифровой трансформации на примере бройлерного производства. *АПК: экономика, управление*. 2021;(2):33–40. <https://doi.org/10.33305/212-33>
- Anshin V., Bobyleva A. Management of anti-crisis digital transformation processes using the example of broiler production. *APK: ekonomika, upravlenie*. 2021;(2):33–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.33305/212-33>
22. Абдиекеев Н.М. Импортозамещение в высокотехнологичных отраслях промышленности в условиях внешних санкций. *Управленческие науки*. 2022;12(3):53–69. <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2022-12-3-53-69>
- Abdiikeev N.M. Import substitution in high-tech industries under external sanctions. *Management Sciences*. 2022;12(3):53–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2022-12-3-53-69>
23. Гузикова Л.А., Суржанинов А.Г., Шахбази А.С. Цифровые инструменты повышения энергоэффективности регионов. В: Сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф. Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (ЭКОПРОМ). Санкт-Петербург, 27–30 апреля 2023 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2023. С. 188–191. <https://doi.org/10.18720/IEP/2023.1/48>
24. Боровков А.И., Гамзикова А.А., Кукушкин К.В. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Краткий доклад (сентябрь 2019 г.). СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2021. 62 с. Режим доступа: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2022/07/08/cifrovoy_dvoynik_.pdf
25. Шестакова Е.В., Ситжанова А.М., Прытков Р.М. Гибкие технологии управления в промышленности как фактор устойчивого развития региона. *Управление*. 2022;10(2):14–25. <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2022-10-2-14-25>
- Shestakova E.V., Sitzhanova A.M., Prytkov R.M. Flexible management in industry as a factor of region's sustainable development. *Upravlenie = Management*. 2022;10(2):14–25. (In Russ.). <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2022-10-2-14-25>
26. Бабкин А.В., Ташкинов А.Г. Этапы разработки методического подхода оценки эффективности проектов цифровой трансформации промышленного предприятия. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*. 2024;14(4):70–93. <https://doi.org/10.21869/2223-1552-2024-14-4-70-93>
- Babkin A.V., Tashkinov A.G. Stages of development of a methodological approach for assessing the effectiveness of digital transformation projects of an industrial enterprise. *Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics. Sociology. Management*. 2024;14(4):70–93. (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1552-2024-14-4-70-93>
27. Tashkinov A.G. The application of industry 4.0 into the company's production activities through effective decision-making. *Scientific Reports*. 2025;15:34202. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15688-0>

Информация об авторах

Александр Васильевич Бабкин – д-р экон. наук, профессор Высшей инженерно-экономической школы, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Цифровая экономика промышленности», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, литера Б, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0941-6358>; e-mail: Al-vas@mail.ru

Алексей Григорьевич Ташкинов – канд. экон. наук, доцент кафедры управления промышленным производством, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614990, Пермь, Комсомольский просп., д. 29, Российская Федерация; АО «Пермский завод „Машиностроитель“», 614014, Пермь, ул. Новозвыгинская, д. 57, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6248-8441>; e-mail: alekss.perm@gmail.com

Поступила в редакцию 17.10.2025; поступила после доработки 06.11.2025; принятa к публикации 14.11.2025

Received 17.10.2025; Revised 06.11.2025; Accepted 14.11.2025

Information about the authors

Alexander V. Babkin – Dr.Sci. (Econ.), Professor of the Higher School of Engineering and Economics, Head of the Research Laboratory Digital Economy of Industry, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29B Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg 195251, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0941-6358>; e-mail: Al-vas@mail.ru

Aleksey G. Tashkinov – PhD (Econ.), Associate Professor of the Department of Economics of Industrial Production Management, Perm National Research Polytechnic University, 29 Komsomolsky Ave., Perm 614990, Russian Federation; JSC Perm Plant Mashinostroitel, 57 Novozvyaginskaya Str., Perm 614014, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6248-8441>; e-mail: alekss.perm@gmail.com

Роль природоподобных технологий в реализации устойчивого развития промышленных систем

Н.В. Барсегян  , А.И. Шинкевич  , Ф.Ф. Галимулина 

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, ул. Карла Маркса, д. 68, Республика Татарстан, Российская Федерация
 n.v.barsegyan@yandex.ru

Аннотация. В условиях санкционных ограничений современная макроэкономическая система России направлена на технологическое развитие, цифровизацию, устойчивое развитие и экологизацию производственно-экономических систем. Ключевая проблема функционирования экономических систем заключается в ограниченности ресурсов, которая определяет возникновение «узких» мест и очередей. Как следствие, это отражается на эффективности всей системы и ее конкурентоспособности. Одним из ключевых условий для достижения целей устойчивого развития видится освоение природоподобных технологий и их внедрение в промышленность. Целью исследования является определение теоретических аспектов природоподобных технологий, выявление их потенциала внедрения для достижения устойчивого развития промышленности. Проанализированы научные истоки концепции развития темы природоподобных технологий, даны определения категориям «природоподобные технологии», «природовдохновленные алгоритмы», «природовдохновленные системы». Обобщены принципы природоподобных технологий, способствующих достижению решения экологических проблем, ресурсной независимости, экономической эффективности, технологического развития. Рассмотрена трансформация традиционных производственных систем в мезосистемы по аналогии с природными экосистемами. Обосновано, что именно такой подход, лежащий в основе экономики замкнутого цикла, позволяет выйти за рамки внедрения отдельных «зеленых» технологий и добиться синергетического эффекта. В целях систематизации анализа предложена классификация природоподобных технологий и определены основные направления их использования в промышленности. Сделаны следующие выводы: внедрение природоподобных технологий дает измеримый и существенный эффект по трем направлениям устойчивого развития: 1) экономики – снижение затрат, создание новой стоимости; 2) экологии – сокращение выбросов, оптимизация ресурсов; 3) социальной сферы – создание безопасных условий труда и благоприятной среды для жизни и здоровья человека. Экономический эффект от внедрения природоподобных технологий является одним из ключевых драйверов их масштабирования. При принятии управленческих решений необходимо учесть, что внедрение природоподобных технологий – это стратегическая инвестиция в обеспечение конкурентоспособности мезосистемы и ее ресурсной независимости. На уровне высшего руководства страны необходимо разработать и внедрить меры стимулирования для проектов, реализующих принципы природоподобных технологий на системном уровне.

Ключевые слова: устойчивое развитие, промышленность, природоподобные технологии, производственные системы, экономика замкнутого цикла, «зеленые» технологии, мезосистемы

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан», соглашение № 109/2024-ПД.

Для цитирования: Барсегян Н.В., Шинкевич А.И., Галимулина Ф.Ф. Роль природоподобных технологий в реализации устойчивого развития промышленных систем. Экономика промышленности. 2025;18(4):486–498. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1530>

The role of nature-like technologies in implementing sustainable development of industrial systems

N.V. Barsegyan  , A.I. Shinkevich  , F.F. Galimulina 

Kazan National Research Technological University,

68 Karl Marx Str., Kazan 420015, Republic of Tatarstan, Russian Federation

 n.v.barsegyan@yandex.ru

Abstract. Under the conditions of sanctions restrictions, Russia's modern macroeconomic system is aimed at technological development, digitalization, sustainable development and greening of production and economic systems. The key problem of the functioning of economic systems is the limited resources, which determines the emergence of "bottlenecks" and queues. As a result, this affects the efficiency of the entire system and its competitiveness. One of the key conditions for achieving the goals of sustainable development is the development of nature-like technologies and their introduction into industry. The purpose of the study is to identify the theoretical aspects of nature-like technologies, to identify their potential for implementation to achieve sustainable industrial development. The scientific origins of the concept of developing the topic of nature-like technologies are analyzed, and the categories "nature-like technologies", "nature-inspired algorithms", and "nature-inspired systems" are defined. The principles of nature-like technologies that contribute to solving environmental problems, resource independence, economic efficiency, and technological development are summarized. The transformation of traditional production systems into mesosystems by analogy with natural ecosystems is considered. It is proved that this approach, which underlies the closed-loop economy, allows us to go beyond the introduction of individual "green" technologies and achieve a synergistic effect. To systematize the analysis, a classification of nature-like technologies is proposed and the main directions of their use in industry are identified. The following conclusions are drawn: the introduction of nature-like technologies gives a measurable and significant effect in three areas of sustainable development: 1) economics – reducing costs, creating new value; 2) ecology – reducing emissions, optimizing resources; 3) social sphere – creating safe working conditions and a favorable environment for human life and health. The economic effect of the introduction of nature-like technologies is one of the key drivers of their scaling. When making managerial decisions, it is necessary to consider that the introduction of nature-like technologies is a strategic investment in ensuring the competitiveness of the mesosystem and its resource independence. At the level of the country's top leadership, it is necessary to develop and implement incentive measures for projects that implement the principles of nature-like technologies at the system level.

Keywords: sustainable development, industry, nature-like technologies, production systems, closed-loop economics, "green" technologies, mesosystems

Acknowledgements: The study was funded by a grant from the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, provided to young candidates of sciences (postdocs) for the purpose of defending a doctoral dissertation, performing research work, as well as performing job functions in scientific and educational organizations of the Republic of Tatarstan within the framework of the State Program of the Republic of Tatarstan "Scientific and Technological Development of the Republic of Tatarstan", agreement No. 109/2024-PD.

For citation: Barsegyan N.V., Shinkevich A.I., Galimulina F.F. The role of nature-like technologies in implementing sustainable development of industrial systems. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):486-498. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1530>

类自然技术在工业系统可持续发展中的作用

N.V. 巴尔谢吉杨  , A.I. 申克维奇  , F.F. 加利穆利娜 

喀山国立研究型技术大学, 420015, 俄罗斯联邦鞑靼斯坦共和国喀山市卡尔·马克思大街68号

 n.v.barsegyan@yandex.ru

摘要: 在制裁背景下, 现代俄罗斯宏观经济体系侧重于技术发展、数字化、可持续发展以及生产和经济系统的生态化。经济系统运行的关键问题是资源制约, 它会导致瓶颈和排队现象的出现。进而影响整个系统的效率和竞争力。类自然技术的开发及其在工业中的应用被视为实现可持续发

展目标的关键条件。本研究旨在界定类自然技术的理论基础，并探索其在实现工业可持续发展中的应用潜力。本文分析了类自然技术发展概念的科学渊源，并对“类自然技术”、“自然启发式算法”和“自然启发式系统”等类别进行了定义。文章总结了类自然技术在解决环境问题、实现资源独立、提高经济效率和技术发展方面的原则。通过类比自然生态系统，探讨了将传统生产系统向中观系统转型的可能性。研究证明，正是这种以闭环经济为基础的方法，能够超越单一“绿色”技术的应用，实现协同效应。为了系统化分析，提出了类自然技术的分类，并确定了其在工业领域的主要应用方向。文章得出以下结论：类自然技术的应用在可持续发展的三个领域产生了可衡量的显著影响：1) 经济领域——降低成本，创造新价值；2) 生态领域——减少排放，优化资源利用；3) 社会领域——创造安全的工作条件和有利于人类生命健康的良好环境。实施类自然技术的经济效益是其规模化推广的关键驱动因素之一。在制定管理决策时必须考虑到，推广类自然技术是一项战略投资，旨在确保中观系统的竞争力及其资源独立性。在国家最高领导层面，有必要制定和实施激励措施，支持在系统层面实施类自然技术原则的项目。

关键词：可持续发展、工业、类自然技术、生产系统、闭环经济、绿色技术、中观系统

致谢：本研究由鞑靼斯坦共和国科学院资助，该资助给予青年副博士（博士后），用于支持他们的博士论文答辩、开展研究以及在鞑靼斯坦共和国科研和教育机构履行工作职责。该资助项目隶属于鞑靼斯坦共和国“鞑靼斯坦共和国科学技术发展”国家计划，协议编号为109/2024-PD。

Введение

Современная макроэкономическая система России (объединяет добычу ресурсов, обрабатывающую промышленность, сферу услуг) развивается под влиянием санкционных ограничений, но с сохранением фокуса на технологическом развитии, цифровизации, устойчивом развитии и экологизации производственно-экономических систем. Так, «Стратегией социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» (далее – Стратегия) задекларированы целевые значения экологических показателей к 2050 г.: 2521 млн т эквивалента углекислого газа согласно инерционному сценарию, или 1830 млн т эквивалента углекислого газа согласно целевому сценарию (относительно фактического значения – 2119 млн т эквивалента углекислого газа в 2019 г.)¹. Одной из доминант Стратегии обозначен «зеленый» курс, успех которого обусловлен интеграцией подсистем (технологии, кадры, институты, инфраструктура), инструментов (цифровые платформы, сетевые формы взаимодействия хозяйствующих субъектов), процессов (вдоль цепочки поставок, жизненного цикла продукции).

Также в России за 2019–2024 гг. был реализован национальный проект «Экология», который включал такие федеральные проекты, как «Чистая страна»; «Комплексная система обращения

с твердыми коммунальными отходами»; «Инфраструктура для обращения с отходами I–II классов опасности»; «Чистый воздух» (срок реализации продлен до 31 декабря 2026 г.); «Оздоровление Волги» и другие². За прошедший период удалось увеличить долю твердых коммунальных отходов, направленных на обработку и утилизацию – от 39,0 % в 2020 г. до 69,4 % в 2024 г., что превышает установленный план на 7,1 процентных пункта, сократить совокупный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на 8,82% в 2024 г. по сравнению с 2022 г., сократить загрязненные стоки на 1,42 тыс. м³ за тот же период, улучшить экологическое состояние водохранилищ, улучшить экологические условия проживания населения³. Вместе с тем, достигнутый эффект национального проекта не является пропорциональным в пространственном отношении. Это обусловлено спецификой распределения природных ресурсов, неравномерной концентрацией экономической, научно-технологической и инновационной активности мезосистем, высокой межрегиональной дифференциацией по валовому региональному продукту (ВРП) на душу населения, ухудшением демографической обстановки в различных мезосистемах, переориентацией цепочек поста-

² Национальный проект «Экология»: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/activity/np_ecology/ (дата обращения: 03.08.2025).

³ Об итогах реализации Национального проекта «Экология» 2019–2024. Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/np_ecology/250505_МПР_Итоги%20Экологии%2019-24гг.pdf (дата обращения: 03.08.2025).

вок, ростом геополитической напряженности⁴. Как следствие, различаются темпы развития, применяемые инструменты достижения целей устойчивого развития и состояние экологической обстановки в разных мезосистемах.

Современные экономические системы представляют собой сложную структуру, совокупность взаимосвязанных элементов, объединенных потоками ресурсов и информации, процессами и операциями. Ключевая проблема функционирования экономических систем заключается в ограниченности ресурсов, которая определяет возникновение «узких» мест и очередей. Это находит отражение в эффективности всей системы и ее конкурентоспособности. Одним из ключевых условий достижения целей устойчивого развития видится освоение природоподобных технологий и их внедрение в промышленность.

Таким образом, целью исследования является определение теоретических аспектов природоподобных технологий, выявление их потенциала и механизмов внедрения для достижения целей устойчивого развития в промышленности. Для достижения поставленной цели поставлены и решены следующие задачи:

- раскрыть сущность природоподобных технологий и дать их классификацию;
- проанализировать механизмы влияния природоподобных технологий на различные аспекты промышленности;
- определить барьеры и драйверы внедрения природоподобных технологий;
- определить направления развития природоподобных технологий в практической деятельности с целью достижения устойчивых целей развития промышленности.

Концепция природоподобных технологий: теоретические аспекты

Природоподобные технологии (*nature-like technologies*) (ППТ) – это технологии, имитирующие природные процессы, принимающие форму материальных объектов или систем, применяющиеся в промышленности в целях повышения энерго- и ресурсоэффективности экономической системы и улучшения экологических условий проживания населения. Таким образом, природные процессы и механизмы преобразованы как в ин-

струменты моделирования, так и в инструменты воспроизведения производственных систем. Природоподобные технологии являются новым подходом к организации систем, которые основываются на имитации принципам и стратегиям, выработанным природой за свою эволюцию.

Научным истоком концепции развития темы ППТ являются учения В.И. Вернадского о ноосфере [1; 2], которые базируются на разумной деятельности человека, являющейся ключевым фактором развития биосферы и обеспечивающей ее сохранение и устойчивое развитие. Основным принципом учений о ноосфере является гармоничное существование человека с природой, который подразумевает применение следующих постулатов: человек является частью биосферы, а не ее хозяином; преобразование природы и природных ресурсов должно быть разумным; необходимо уметь разумно управлять развитием биосферы. Сопоставляя данные постулаты с ППТ, можно провести следующую аналогию:

- такие технологии являются результатом глубокого изучения природы, цель которого понять и внедрить в деятельность принципы работы природных систем;
- они создают возможность встраивать процессы в природный круговорот, в отличие от традиционной линейной экономики, которая противоречит принципам биосферы;
- эти принципы выступают как инструмент управления развитием биосферы, который основан на соблюдении ее законов;
- применение ППТ является ответом на вызов экологического кризиса, к которому ведет техногенный путь (истощение ресурсов, загрязнение окружающей среды, изменение климата и т.д.).

В основе ППТ также лежат две фундаментальные концепции:

1. Концепция биомимикрии Джанин Бенюс (от греч. *bios* – жизнь и *mimesis* – подражание), сутью которой является «сознательное заимствование гениальных идей у природы для решения человеческих задач в области дизайна, инженерии и организации систем» [3]. Данная концепция базируется на трех уровнях подражания: 1) форме (точное копирование природной формы); 2) процессу (копирование природных процессов); 3) системе (копирование принципов организации экосистем).

2. Концепция *Cradle to Cradle* (C2C) («от колыбели до колыбели») Майкла Браунгарта и Уильяма Макдонаха, цель которой – «создавать продукты и системы, которые изначально спроектированы как положительные, а не просто менее вредные» [4]. Ключевым принципом данной концеп-

⁴ О стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 дек. 2024 г. № 4146-р. Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionale Razvitie/strategicheskoe_planirovaniye_prostranstvennogo razvitiya/strategiya_prostranstvennogo razvitiya rossii do 2030 goda c prognozom do 2036 goda/ (дата обращения: 03.08.2025).

ции является идея о том, что отходы – это пища, т.е. изначально все материалы должны быть разработаны так, чтобы по окончании срока службы их эксплуатации, они могли стать «пищей» для другого нового цикла.

Проведем сравнительный анализ данных концепций (табл. 1).

Таким образом, данные концепции являются взаимодополняющими, отвечая на вопросы «как создавать эффективные решения, подсматривая у природы» (концепция биомимикрии) и «в какую систему интегрировать решения, чтобы они были экологически и социально эффективными, замыкая техносферные и биосферные циклы» (концепция Cradle to Cradle). Реализация данных концепций позволит осуществить переход к циркулярной экономике и ноосфере.

Фокус современных производственных систем на природных процессах обусловлен тем, что природа – это «устойчивая, ресурсоэффективная система, в которой материалы используются и перерабатываются по принципу циркулярной экономики» [5]. Достижению целей устойчивого развития способствуют такие подходы к формированию природоподобных систем, как системы замкнутого цикла, минимизация отходов, использование возобновляемых источников энергии (солнечные батареи, ветряные электростанции, гидрогенераторы [6–8]) и возобновляемых природных материалов [9], применение биомимикрии (или биомиметика) как способа изучения естественных систем для поиска новых разработок в экономических и технических системах [10–12] и др. Также примерами технологий, вдохновленных природой, являются инновации в области разработки полимеров [13], технология теплообменников, учитывающая фрактальную геометрию, контроль смачиваемости поверхности теплообменника и испарительное охлаждение [14], технология очистки воды на основе солнечной межфазной дистилляции [15],

технология естественного разрушения нефтяных загрязнений [16], природоподобные геотехнологии освоения недр [17]. В работах [18; 19] идея природоподобных систем раскрыта на примере городов в терминах городского метаболизма. Речь идет о системе, в которой город извлекает и перерабатывает ресурсы, а образующиеся отходы удаляют из системы в окружающую среду.

Стоит отметить, что ядром ППТ выступают природовдохновленные алгоритмы (*nature-inspired algorithms*). Такие алгоритмы – это вычислительные методы, вдохновленные поведением объектов охраны окружающей среды, применяемые в цифровой среде. Они имеют формат программного кода или математической модели, предназначены для оптимизации, автоматизации и прогнозирования поведения сложных технических систем. В свою очередь, фундаментальной базой для природовдохновленных алгоритмов и ППТ являются природовдохновленные системы – системы, развитие которых сфокусировано на заимствовании принципов, взаимосвязей, механизмов живой природы для формирования устойчивых (в том числе, «зеленых»), энерго- и ресурсоэффективных экономических систем.

Внедрение ППТ реализуется в рамках инновационной деятельности хозяйствующих систем, путем внедрения «зеленых» технологий, экологических инноваций. Ученые констатируют заметное влияние «зеленых» инноваций на цифровую активность экономических систем [20; 21], конкурентные преимущества организаций [22], обусловленность успеха «зеленой» трансформации открытой моделью инноваций [23], наличием разработанной стратегии «зеленых» инноваций [24]. Способность к внедрению «зеленых» технологий определяется лидерством компаний в области «зеленой» трансформации и экологической ориентацией (внутренняя – соответствующие стандарты и ценности в организации, внешняя – учет экологических требований партнеров и клиентов) [25; 26].

Таблица 1 / Table 1

Сравнительная характеристика концепций биомимикрии и Cradle to Cradle

Comparative characteristics of biomimicry and Cradle to Cradle concepts

Аспект	Биомимикрия	Cradle to Cradle
Фокус	Процесс проектирования и инноваций	Система проектирования и экономическая модель
Идея	Учиться у природы	Стать как природа
Масштаб	Применяется к отдельным продуктам, материалам и процессам	Применяется к системам: продуктам, знаниям, городам, бизнес-моделям
Связь	Предоставляет «идеи» – как природа решала бы эту задачу	Предоставляет «рамки» – как встроить эти идеи в экономику без отходов

Источник: составлено авторами с использованием [3; 4]

Source: compiled by the authors using [3; 4]

Таким образом, обзор научной литературы позволяет предположить превалирование трудов в области исследования микроэкономических систем и формирования природоподобных систем на уровне предприятий, производств, заводов, цехов. Это связано с тем, что в настоящее время еще не раскрыт в полной мере потенциал исследования ППТ и цифровизации на сохранение окружающей среды на уровне мезоэкономических систем.

Принципы и классификация природоподобных технологий

Природоподобные технологии предусматривают комплексный подход к переходу от линейной к циркулярной экономике. Несмотря на то, что системное внедрение ППТ (при котором требуется перестраивание работы целых отраслей и инфраструктуры, а не только отдельных предприятий) сталкивается со многими вызовами и ограничениями в силу сложности процессов подражания природным системам, необходимости владения междисциплинарными знаниями,

трудоемкости и значительных инвестиций, оно является основой создания промышленной экосистемы. Внедрение ППТ – это стратегический путь к созданию такой промышленности, которая характеризуется энергоресурсоэффективностью, безотходностью, устойчивостью, адаптивностью, инновационностью, конкурентоспособностью.

Достижение решения экологических проблем, ресурсной независимости, экономической эффективности, технологического развития становится возможным благодаря ряду принципов, на которых опираются природовдохновленные алгоритмы и ППТ (табл. 2).

Таким образом, системное внедрение ППТ в промышленности будет способствовать:

- снижению стоимости сырья, сокращению платы за утилизацию отходов, повышению устойчивости кластера;
- снижению зависимости от первичных ресурсов, превращая отходы в ценное сырье;
- созданию новых рынков и бизнес-моделей;
- созданию новых продуктов с высококачественными характеристиками;

Таблица 2 / Table 2

Ключевые принципы природоподобных технологий

Key principles of nature-like technologies

Принцип	Содержание	Примеры
Принцип подражания (биомимикрии), или принцип биодохновленного дизайна	Сознательное заимствование идей у природы для решения задач человека в области дизайна, инженерии и организации систем	Форма японского скоростного поезда Shinkansen (аналогия с клювом зимородка во избежание звукового удара при выезде из туннеля); прочные и легкие конструкции в авиа- и автомобилестроении (геометрия сот); самоочищающиеся покрытия для фасада зданий, тканей (эффект лотоса); покрытие для корпусов судов и купальных костюмов для снижения сопротивления воды (кожа акулы)
Принцип безотходности (цикличности, замкнутые циклы)	Все «отходы» одной системы являются «пищей» или ресурсом для другой системы	Модель «Промышленного симбиоза» в г. Калундборг (Дания) (отходы одних предприятий – тепло, углекислый газ – становятся сырьем для других предприятий при выращивании растений)
Принцип энергетической эффективности и использования возобновляемых источников	Все процессы оптимизированы в целях минимизации энергозатрат (энергия солнца, ветра, воды и т.д.)	Солнечные батареи и фотосинтез, водородная энергетика, пассивное охлаждение/обогрев
Принцип адаптивности, устойчивости и самовосстановления	Способность системы адаптироваться к изменениям и восстанавливаться после нарушений аналогично природным экосистемам	Самовосстанавливающиеся материалы (полимеры, которые срашиваются; бетон с бактериями, которые перекрывают трещины); адаптивные конструкции; устойчивые агросистемы
Принцип оптимальности и многофункциональности	Один элемент системы выполняет несколько функций	«Умные» материалы и покрытия (покрытие, которое генерирует энергию (солнечная панель), самоочищается (как лист лотоса), регулирует температур)
Принцип самоорганизации (эмержентности)	Создание систем, способных к самоорганизации и возникновению новых свойств, не присущих отдельным элементам системы	«Роевой» интеллект в логистике для оптимизации маршрутов доставки

- снижению энергопотребления;
- повышению устойчивости и надежности снабжения, оптимизации затрат, интеграции возобновляемых источников энергии и др.

В целях систематизации анализа предложена следующая классификация ППТ (рис. 1).

Классификация ППТ является основой для формирования стратегий научно-технологического развития на разных уровнях управления, структурируя знания, позволяя определить цели и приоритеты для развития отраслей промышленности и экономики в целом, а также разработать критерии для оценки воздействия и зрелости технологий, выявляя барьеры и точки роста. Для того чтобы принимать взвешенные управленческие решения на микро-, мезо- и макро-

уровнях, необходимо иметь понимание: какой уровень воздействия на экономику и экологию оказывают ППТ, так как технологии замкнутого цикла на разных уровнях имеют абсолютно разный масштаб эффекта, на какой стадии разработки или внедрения находятся технологии, какой потенциал для масштабирования имеют технологии, в каких сегментах сосредоточено больше всего разработок, какие технологические и нормативные барьеры могут существовать и т.д. Всесторонняя классификация ППТ является эффективным инструментом трансформации локальных «зеленых» инноваций в управляемую систему для выполнения целей устойчивого развития и отражает экологическую, экономическую и инновационную ценность реализации проекта.

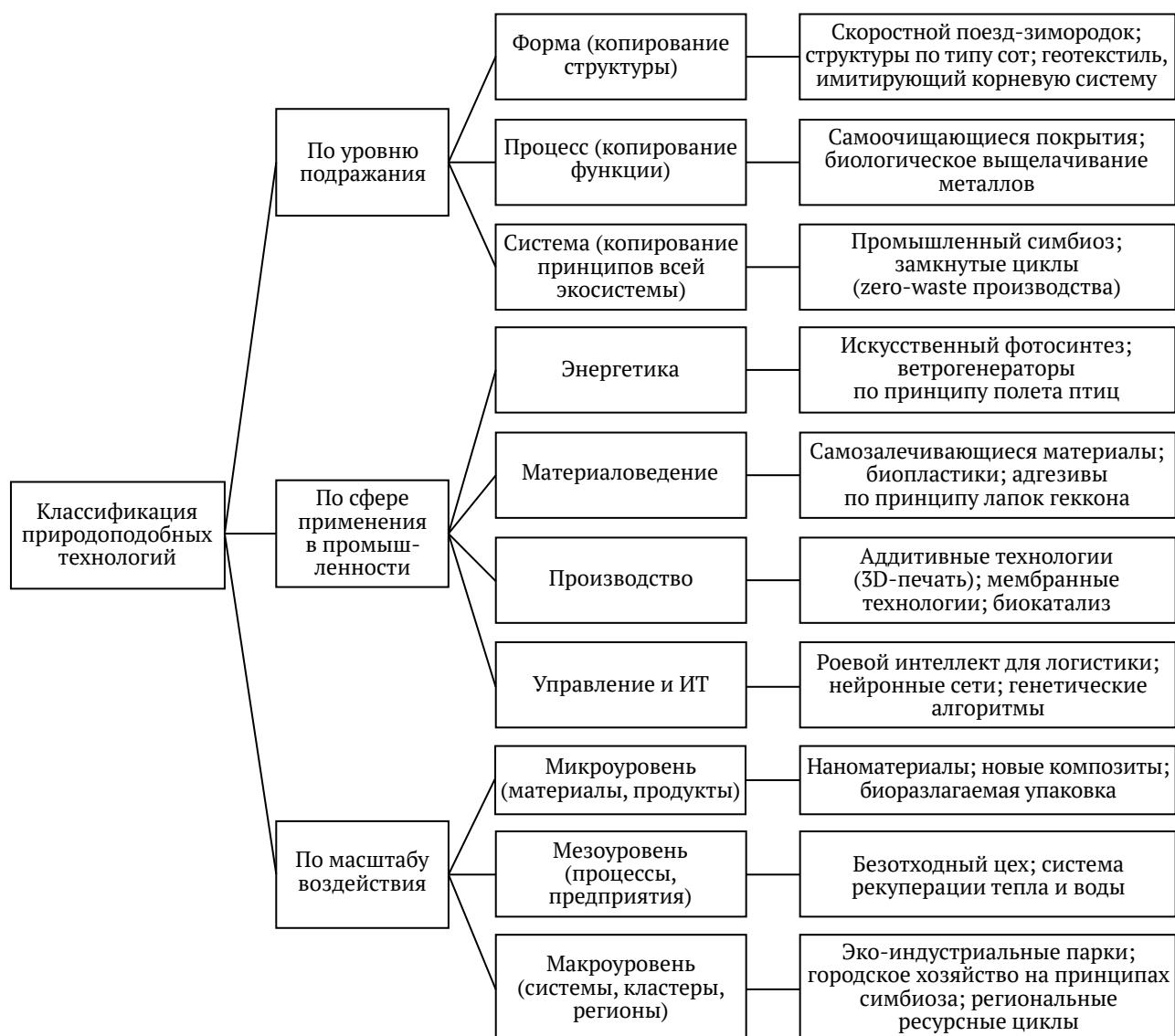


Рис. 1. Классификация природоподобных технологий

Fig. 1. Classification of nature-like technologies

Направления реализации природоподобных технологий в промышленности

Когда экономические и технические системы требуют решения сложных, нелинейных задач, природодохновленные алгоритмы и технологии позволяют решить многие научно-технические проблемы.

Сфера применения интеллектуальных методов оптимизации достаточно широка и охватывает сферы добычи природных ресурсов, обрабатывающей промышленности, логистики и управления цепями поставок. Среди частных примеров, которые находят отражение в работах ряда ученых, можно выделить следующие:

- планирование производственных процессов в рамках функционирования промышленных систем [27–29];

- разработка правил диспетчеризации в интеллектуальных производственных системах обрабатывающей промышленности [30];

- материально-техническое обеспечение интеллектуального производства [31];

- оптимальное распределение ресурсов в непрерывных производствах [32];

- минимизация энергопотребления при планировании производственных процессов в промышленности [33; 34];

- определение места размещения скважин в залежах газа [35];

- управление данными в отраслях обрабатывающей промышленности [36];

- идентификация неизвестных источников загрязнения подземных вод [37];

- контроль сточных вод в гальваническом производстве [38];

- управление химическими реакциями [39].

Аналитический инструментарий в промышленности использует различные природодохновленные алгоритмами. Широко распространенным инструментом оптимизации является «роевой» интеллект, описывающий коллективное поведение самоорганизующейся системы. Его целесообразно применять в случае решения сложных, нелинейных, многомерных задач. «Роевой» интеллект имитирует:

- коллективное поведение муравьев, которые ищут кратчайший путь; области применения – решение транспортной задачи, задачи коммивояжера, проектирование трассы трубопровода, межклластерное взаимодействие мезосистем, оптимизация работы параллельных машин, балансировки сборочной линии, построения конфигурации сети мониторинга качества воздуха и т.д.;

- стаи птиц или косяки рыб, которые обмениваются информацией и двигаются к опти-

мальному решению в поисках пищи; пример применения – оптимизация параметров производственных процессов;

- поведение занятых пчел, пчел-наблюдателей и пчел-разведчиков при сборе нектара; пример применения – логистика, оптимизация энергоснабжения;

- поведение светлячков, направляющихся к более ярким особям; пример применения – сеть уличного освещения «Умный город»;

- эхолокацию летучих мышей; пример применения – прогнозирование электрической нагрузки, выработка ветровой энергии, робототехника и др.;

- иерархию в стае волков – альфа, бета, дельта, омега; пример применения – оптимизация распределения водных ресурсов, прогнозирование цены на углеродные единицы и т.д.

Помимо перечисленных оптимизационных алгоритмов, вдохновленных природой, большой популярностью пользуются автоматизированные нейронные сети, доказавшие свою эффективность в задачах регрессии и классификации, что является перспективным направлением будущих исследований.

Для понимания концепции ППТ и их практического применения целесообразно выделить три иерархических уровня реализации – на микро-, мезо- и макроуровне. Эта система отражает саму организацию жизни, от молекулярных механизмов до глобальных экосистем, и позволяет проследить, как фундаментальные открытия превращаются в новую техносферу.

Фундаментом является микроуровень – уровень материалов и молекул – здесь происходит прямое копирование или вдохновение биологическими принципами, молекулярными структурами и наноразмерными механизмами. Фокус сосредоточен на создании принципиально новых материалов, обладающих свойствами, недостижимыми для традиционных аналогов. Сюда относятся технологии молекулярной самосборки, имитирующие формирование клеточных мембран или вирусных капсул, и создание биомиметических катализаторов, которые, подобно ферментам, проводят химические реакции с невероятной эффективностью и селективностью. Успех на микроуровне измеряется созданием «умного» материала, способного самостоятельно восстанавливаться, адаптироваться к среде или выполнять заданную функцию благодаря своей внутренней, позаимствованной у природы структуре.

Функциональным составляющим выступает мезоуровень – уровень устройств и процессов.

Здесь происходит сборка «умных» материалов в работающие устройства и технологические процессы. Мезоуровень – это уровень функциональной биомиметики, где на первый план выходит не структура, а принцип действия живых систем. Здесь создаются автономные, энергоэффективные и безотходные системы, аналогичные по своей логике отдельным организмам или их органам.

Целостный организм создается на макроуровне – уровень систем и техносферы. Здесь отдельные устройства и процессы интегрируются в единое целое, формируя техносферу, гармонично встроенную в биосферу планеты. Фокус смещается с создания отдельных компонентов на проектирование сетей, связей и потоков вещества, энергии и информации. Это уровень промышленного симбиоза, где заводы образуют экосистему, и отходы одного предприятия становятся сырьем для другого. Это концепция «умных» энергосетей (*Smart Grid*), которые, подобно природным сообществам, являются децентрализованными, устойчивыми и способны гибко перераспределять энергию от миллионов возобновляемых источников.

Важно подчеркнуть, что эти три уровня неразрывно связаны. Прорыв на микроуровне, например в области новых катализаторов, дает жизнь устройствам мезоуровня, таким как эффективные бионические листья. Эти устройства, в свою очередь, становятся элементами макроуровневой энергетической системы. Одновременно глобальные вызовы и цели, поставленные на макроуровне (например, необходимость полного перехода к циркулярной экономике), определяют вектор для исследований и разработок на микро- и мезоуровне.

Если в классическом понимании эффективность определяется как максимизация прибыли при минимизации прямых затрат, то в случае с оценкой эффективности ППТ, она означает способность создавать максимальную ценность (экономическую, социальную, экологическую) при минимальном нанесении ущерба природному капиталу и максимальном повышении системной устойчивости. Мера способности технологий превращать линейную экономику в циклическую, негэнтропийную, способствуя переходу техносферы к устойчивой природной экосистеме, является степенью их соответствия принципам бионики и замкнутости природных систем.

Для наглядности эффективности системного внедрения природовдохновленных алгоритмов и ППТ обобщим ряд практических примеров [40–43] (табл. 3).

Таким образом, внедрение ППТ дает измеримый и существенный эффект по трем направлениям устойчивого развития:

- 1) экономики – снижение затрат, создание новой стоимости;
- 2) экологии – сокращение выбросов, оптимизация ресурсов;
- 3) социальной сферы – создание безопасных условий и благоприятной среды.

Заключение

В проведенном исследовании проанализировано воздействие природоподобных технологий на развитие производственных систем. Можно утверждать, что формированию ППТ способствуют:

- 1) наилучшие доступные технологии и «зеленые» технологии;
- 2) экологические инновации, основанные на переходе к возобновляемым источникам энергии, возобновляемым, безопасным материалам, экономике замкнутого цикла;
- 3) цифровые технологии, позволяющие повысить точность проектирования производственных систем (цифровой инжиниринг), обеспечить мониторинг экологических параметров, автоматизировать процессы и системы, повысить качество прогнозирования за счет анализа больших данных, искусственного интеллекта, машинного обучения и т.д.;
- 4) регуляторные инструменты, стимулирующие внедрение природоподобных технологий (нормативно-правовые акты, финансовые инструменты, административные меры).

К принципам формирования современных природоподобных систем (ППС) относятся: экономическая, техническая и экологическая эффективность; цикличность материального потока и минимизация отходов; гибкость, адаптивность и устойчивость; децентрализация; цифровизация.

Природовдохновленные алгоритмы применяются в прогнозировании инновационного развития мезосистем, организации цепей поставок и решении логистических задач, для моделирования аддитивного производства в условиях цифровой трансформации, моделирования «зеленого» производства, повышения надежности производственных систем на основе выявления потенциальных сбоев.

Природоподобные технологии представляют собой системную парадигму в достижении устойчивых целей в промышленности, что обусловлено следующими утверждениями:

- такие технологии трансформируют суть производственных процессов и приводят к по-

ложительному экологическому, экономическому и социальному воздействию;

– эффект от внедрения ППТ носит синергетический и мультиплекативный эффект;

– технологии способствуют долгосрочному устойчивому развитию.

Проведенное исследование показало, что экономический эффект от внедрения ППТ является одним из ключевых драйверов их масштабирования, в то время как многие ученые фокусируются только на экологических аспектах природоподобных технологий.

При принятии управленческих решений необходимо учесть, что внедрение ППТ – это не статья затрат (в частности, экологических), а стратегическая инвестиция в обеспечение своей конкурентоспособности и ресурсной независимости. Учитывая, что на пути внедрения ППТ существует ряд ограничений и барьеров, таких как

технологические, инфраструктурные, рыночные, экономические, институциональные, когнитивные, кадровые, на уровне высшего руководства необходимо разработать и внедрить меры стимулирования для проектов, реализующих принципы ППТ на системном уровне.

В качестве будущих исследований планируется выявить причины слабого относительно цифровых технологий влияния экологических инноваций на развитие природовдохновленных систем, провести лонгитюдный анализ развития природовдохновленных макро- и мезосистем с учетом модернизации технологий и совершенствования структуры статистической информации, разработать количественные показатели и методики оценки эффективности внедрения природоподобных технологий, выходящих за рамки классических ключевых показателей эффективности.

Таблица 3 / Table 3

Примеры внедрения природоподобных технологий и эффект от реализации проекта

Examples of the introduction of nature-like technologies and the effect of the project

Пример	Суть проекта	Эффект
Биомимикрия в авиации – копирование формы	Инженеры компании Airbus изучили строение крыльев хищных птиц и спроектировали законцовки их крыльев для создания крыльев самолета	<ul style="list-style-type: none"> – снижение аэродинамического сопротивления около 5–6 %; – уменьшение расхода топлива на 3,5 % на весь полет; – сокращение выбросов CO₂ на 3,5 %; – снижение шума за счет улучшенной аэродинамики
Промышленный симбиоз в Калундборге (Дания) – копирование экосистемы	Группа предприятий организовала замкнутую систему, в которой побочные продукты (отходы) одного производства становятся сырьем для другого	<ul style="list-style-type: none"> – экономия воды 3 млн м³ за счет многократного использования и рециклинга; – сокращение выбросов CO₂ до 275 т за счет замены ископаемого топлива; – получение серы как побочного продукта процесса очистки отходящих газов и повторное ее использование химическими и агрехимическими предприятиями (280 т). <p>Экономический эффект составил более 100 млн долл. США ежегодного дохода для участников кластера за счет продажи побочных продуктов и снижения затрат на утилизацию и покупку сырья</p>
Биологическое выщелачивание металлов – копирование процесса	Использование специальных бактерий для извлечения цветных и драгоценных металлов (медь, золото, цинк) из бедных руд или отвальных пород вместо энергоемкого пирометаллургического процесса	<ul style="list-style-type: none"> – снижение энергопотребления на 30–50 % по сравнению с традиционными методами плавки; – практически полное отсутствие выбросов SO₂ (сернистого ангидрида), который является основным загрязнителем при плавке; – экономически выгодная переработка бедного сырья с содержанием металла на 30–50 % ниже, чем требуется для традиционных методов; – эффективность извлечения может достигать 90 %
Система рекуперации тепла (по принципу кровообращения) – копирование процесса	На производственных предприятиях тепло от охлаждения оборудования или печей улавливается и перенаправляется для отопления помещений или подогрева воды в других технологических процессах	<ul style="list-style-type: none"> – экономия энергии на отопление до 60–80 % от потребностей предприятия; – сокращение выбросов CO₂ на 500–5000 т/год в зависимости от масштаба производства; – срок окупаемости системы 2–5 лет за счет экономии на энергоносителях

Список литературы / References

1. Вернадский В.И. *Научная мысль как планетное явление*. Отв. ред. А.Л. Яншин. М.: Наука; 1991. 270 с.
2. Казначеев В.П. Учение В.И. Вернадского о носфере в связи с современными проблемами экологии человека. *Ноосферные исследования*. 2023;(4):6–16. <https://doi.org/10.46724/NOOS.2023.4.06-16>
Kaznacheev V. P. V. I. Vernadsky's Theory of the Noosphere in Relation to Contemporary Human Ecology Issues. *Noospheric Studies*. 2023;4:6–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.46724/NOOS.2023.4.06-16>
3. Benyus J.M. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: William Morrow; 1997. 288 p.
4. McDonough W., Braungart M. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York: North Point Press; 2002. 193 p.
5. Chin M.H.W., Linke J., Coppens M.-O. Nature-inspired sustainable medical materials. *Current Opinion in Biomedical Engineering*. 2023;28:100499. <https://doi.org/10.1016/j.cobme.2023.100499>
6. Dao V.-D., Nguyen H.T.K. Nature-inspired design for high-efficiency solar-driven water evaporation. *Journal of Power Sources*. 2024;609:234676. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2024.234676>
7. Gaitan N.C., Ungurean I., Corotinschi G., Roman C. An intelligent energy management system solution for multiple renewable energy sources. *Sustainability*. 2023;15(3):2531. <https://doi.org/10.3390/su15032531>
8. Bertaglia T., Costa C.M., Lanceros-Méndez S., Crespilho F.N. Eco-friendly, sustainable, and safe energy storage: a nature-inspired materials paradigm shift. *Materials Advances*. 2024;5(19):7534–7547. <https://doi.org/10.1039/d4ma00363b>
9. Meshalkin V., Akhmetov A., Lenchikova L., Nzioka A., Politov A., Strizhnev V., Telin A., Fakhreeva A. Application of renewable natural materials for gas and water shutoff processes in oil wells. *Energies*. 2022;15(23):9216. <https://doi.org/10.3390/en15239216>
10. Selvam D.C., Devarajan Y. Bio-inspired hybrid materials for sustainable energy: Advancing bioresource technology and efficiency. *Materials Today Communications*. 2025;46:112647. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2025.112647>
11. Oguntola O. Developing a nature-inspired sustainability assessment tool: The role of materials efficiency. *Materials Proceedings*. 2025;22(1):3. <https://doi.org/10.3390/materproc2025022003>
12. Lebdou A. Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development. *Ecological Economics*. 2022;202:107585. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107585>
13. Prathumrat P., Likitaporn C., Rimdusit S., Nikzad M., Wongsalam T., Tanalue N., Okhawilai M. Deep Insights into the design of next-generation water-based stimuli-responsive shape memory polymers: From fundamentals to nature-inspired innovations. *Applied Materials Today*. 2025;44:102754. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2025.102754>
14. Huang Z., Hwang Y., Radermacher R. Review of nature-inspired heat exchanger technology. *International Journal of Refrigeration*. 2017;78:1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.03.006>
15. Xu Y., Zhang Q., Liang Y., Huang L. A review of solar interfacial distillation water purification technology inspired by nature. *Journal of Water Process Engineering*. 2023;55:104156. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104156>
16. Gertsen M.M., Perelomov L.V., Arlyapov V.A., Atroshchenko Y.M., Meshalkin V.P., Chistyakova T.B., Reverberi A.P. Degradation of oil and petroleum products in water by bioorganic compositions based on humic acids. *Energies*. 2023;16(14):5320. <https://doi.org/10.3390/en16145320>
17. Trubetskoi K.N., Galchenko Y.P. Naturelike mining technologies: Prospect of resolving global contradictions when developing mineral resources of the lithosphere. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2017;87:378–384. <https://doi.org/10.1134/S1019331617040050>
18. Quintero A., Zarzavilla M., Tejedor-Flores N., Mora D., Chen Austin M. Sustainability assessment of the anthropogenic system in panama city: Application of biomimetic strategies towards regenerative cities. *Biomimetics*. 2021;6(4):64. <https://doi.org/10.3390/biomimetics6040064>
19. Musango J.K., Currie P., Robinson B. *Urban metabolism for resource efficient cities: From theory to implementation*. Paris: UN Environment; 2017.
20. Tan X., Jiao J., Jiang M., Chen M., Wang W., Sun Y. Digital policy, green innovation, and digital-intelligent transformation of companies. *Sustainability*. 2024;16(16):6760. <https://doi.org/10.3390/su16166760>
21. Luo S., Yimamu N., Li Y., Wu H., Irfan M., Hao Y. Digitalization and sustainable development: How could digital economy development improve green innovation in China? *Business Strategy and the Environment*. 2023;32(4):1847–1871. <https://doi.org/10.1002/bse.3223>
22. Zhu Y., Zhang H., Siddik A.B., Zheng Y., Sobhani F.A. Understanding corporate green competitive advantage through green technology adoption and green dynamic capabilities: Does green product innova-

- tion matter? *Systems*. 2023;11(9):461. <https://doi.org/10.3390/systems11090461>
23. Yang J.Y., Roh T. Open for green innovation: From the perspective of green process and green consumer innovation. *Sustainability*. 2019;11(12):3234. <https://doi.org/10.3390/su11123234>
24. Sun Y., Sun H. Green innovation strategy and ambidextrous green innovation: The mediating effects of green supply chain integration. *Sustainability*. 2021;13(9):4876. <https://doi.org/10.3390/su13094876>
25. Ozgul B. Does green transformational leadership develop green absorptive capacity? The role of internal and external environmental orientation. *Systems*. 2022;10(6):224. <https://doi.org/10.3390/systems10060224>
26. Shinkevich A.I., Barsegyan N.V., Galimulina F.F. Measuring and forecasting the development concept of the “Green” macrosystem using data analysis technologies. *Sustainability*. 2024;16(24):11152. <https://doi.org/10.3390/su162411152>
27. Momenikorbekandi A., Kalganova T. Intelligent scheduling methods for optimisation of job shop scheduling problems in the manufacturing sector: A systematic review. *Electronics*. 2025;14(8):1663. <https://doi.org/10.3390/electronics14081663>
28. Rao R.V., Davim J.P. Single, multi-, and many-objective optimization of manufacturing processes using two novel and efficient algorithms with integrated decision-making. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*. 2025;9(8):249. <https://doi.org/10.3390/jmmp9080249>
29. Galimulina F.F., Barsegyan N.V. Application of mass service theory to economic systems optimization problems – A review. *Mathematics*. 2024;12:403. <https://doi.org/10.3390/math12030403>
30. Zhang L., Hu Y., Tang Q., Li J., Li Z. Data-driven dispatching rules mining and real-time decision-making methodology in intelligent manufacturing shop floor with uncertainty. *Sensors*. 2021;21(14):4836. <https://doi.org/10.3390/s21144836>
31. Bányai T. Optimization of material supply in smart manufacturing environment: A metaheuristic approach for matrix production. *Machines*. 2021;9(10):220. <https://doi.org/10.3390/machines9100220>
32. Massim Y., Yalaoui F., Chatelet E., Yalaoui A., Zebalah A. Efficient immune algorithm for optimal allocations in series-parallel continuous manufacturing systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 2012;23:1603–1619. <https://doi.org/10.1007/s10845-010-0463-7>
33. Para J., Del Ser J., Nebro A.J. Energy-aware multi-objective job shop scheduling optimization with metaheuristics in manufacturing industries: A critical survey, results, and perspectives. *Applied Sciences*. 2022;12(3):1491. <https://doi.org/10.3390/app12031491>
34. Gao K., Huang Y., Sadollah A., Wang L. A review of energy-efficient scheduling in intelligent production systems. *Complex & Intelligent Systems*. 2020;6:237–249. <https://doi.org/10.1007/s40747-019-00122-6>
35. Islam J., Mamo Negash B., Vasant P.M., Ishtiaque Hossain N., Watada J. Quantum-based analytical techniques on the tackling of well placement optimization. *Applied Sciences*. 2020;10(19):7000. <https://doi.org/10.3390/app10197000>
36. Kumar A., Jaiswal A. A deep swarm-optimized model for leveraging industrial data analytics in cognitive manufacturing. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2021;17(4):2938–2946. <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3005532>
37. Guneshwor L., Eldho T.I., Vinod Kumar A. Identification of groundwater contamination sources using meshfree rpcm simulation and particle swarm optimization. *Water Resources Management*. 2018;32:1517–1538. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1885-1>
38. Goulart D.A., Pereira R.D. Autonomous pH control by reinforcement learning for electroplating industry wastewater. *Computers & Chemical Engineering*. 2020;140:106909. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.106909>
39. Sakharov M., Koledina K., Gubaydullin I., Karpenko A. Studying the efficiency of parallelization in optimal control of multistage chemical reactions. *Mathematics*. 2022;10(19):3589. <https://doi.org/10.3390/math10193589>
40. Chertow M.R. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*. 2000;25(1):313–337. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>
41. Jacobsen N.B. Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: A quantitative assessment of economic and environmental aspects. *Journal of Industrial Ecology*. 2006;10(1-2):239–255. <https://doi.org/10.1162/108819806775545411>
42. Gamage A., Dayaratne R. Learning from nature: towards a research-based biomimicry approach to ecologically sustainable design (ESD). *Conference: Sustainability through biomimicry: Discovering a world of solutions inspired by nature: College of Design, Dammam University*. 2012;17.
43. Benachio G.L.F., Freitas M.C.D., Tavares S.F. Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*. 2020;260:121046. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121046>

Информация об авторах

Наира Вартовна Барсегян – канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры логистики и управления, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015, Казань, ул. Карла Маркса, д. 68, Республика Татарстан, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1170-1251>; e-mail: n.v.barsegyan@yandex.ru

Алексей Иванович Шинкевич – д-р экон. наук, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой логистики и управления, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015, Казань, ул. Карла Маркса, д. 68, Республика Татарстан, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1881-4630>; e-mail: ShinkevichAI@corp.knrtu.ru

Фарида Фидайлова Галимулина – д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры логистики и управления, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015, Казань, ул. Карла Маркса, д. 68, Республика Татарстан, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5875-1988>; e-mail: GalimulinaFF@corp.knrtu.ru

Information about the authors

Naira V. Barsegyan – PhD (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Logistics and Management, Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx Str., Kazan 420015, Republic of Tatarstan, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1170-1251>; e-mail: n.v.barsegyan@yandex.ru

Aleksei I. Shinkevich – Dr.Sci. (Econ.), Dr.Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Logistics and Management, Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx Str., Kazan 420015, Republic of Tatarstan, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1881-4630>; e-mail: ShinkevichAI@corp.knrtu.ru

Farida F. Galimulina – Dr.Sci. (Econ.), Associate Professor, Professor of the Department of Logistics and Management, Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx Str., Kazan 420015, Republic of Tatarstan, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5875-1988>; e-mail: GalimulinaFF@corp.knrtu.ru

Поступила в редакцию 08.09.2025; поступила после доработки 09.11.2025; принятa к публикации 10.11.2025

Received 08.09.2025; Revised 09.11.2025; Accepted 10.11.2025

Системные решения в реинжиниринге территорий и застройки

П.А. Журавлев^{1,2}✉

¹ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
123182, Москва, пл. Акад. Курчатова, д. 1, Российской Федерации

² Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,
119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российской Федерации

✉ tous2004@mail.ru

Аннотация. Инженерные решения являются центральным элементом в системе инженерного менеджмента, которые испытывают максимальное воздействие со стороны субъекта управления и на которое накладываются организационные, экономические и иные решения. Взаимосвязанная совокупность инженерного и сопутствующих ему решений можно рассматривать как системное решение. Использование методологии инженерного менеджмента относительно развития населенных пунктов и сопряженных с ними инфраструктурных и промышленных объектов связано с принятием и трансформацией с течением времени инженерных решений, определяющих параметры отдельных объектов капитального строительства, которые выражают характерные признаки территориальных зон внутри агломераций и должны способствовать формированию безопасной и комфортной среды жизни. Указанная проблема имеет многоуровневый и междисциплинарный характер, решению которой может способствовать качественное и комплексное преобразование существующих управлительских и производственных процессов и реализующих их структур – реинжиниринг.

Ключевые слова: инженерный менеджмент, инженерные решения, системные решения, инжиниринг, реинжиниринг, управление, изменения, трансформация, адаптация, жизненный цикл, территория, застройка

Для цитирования: Журавлев П.А. Системные решения в реинжиниринге территорий и застройки. Экономика промышленности. 2025;18(4):499–504. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1522>

System solutions in the reengineering of territories and buildings

P.A. Zhuravlev^{1,2}✉

¹ National Research Center “Kurchatov Institute”,
1 Acad. Kurchatov Sq., Moscow 123182, Russian Federation

² National University of Science and Technology “MISIS”,
4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation

✉ tous2004@mail.ru

Abstract. Engineering solutions are a central element in the system of engineering management, and they are maximally affected by a subject of management and overlap with organizational, economic, and other decisions. An interconnected combination of the engineering and related solutions can be considered as system solutions. Application of the methodology of engineering management in the development of settlements and infrastructure and industrial facilities related to them is connected with making and transforming engineering solutions which determine the parameters of individual capital construction objects. These objects express the characteristic features of territorial zones within agglomerations and should contribute to the formation of a safe and comfortable living environment. This problem is of a multi-level and interdisciplinary character, and its solution may require qualitative and comprehensive transformation of the existing management and production processes and structures performing them – reengineering.

Keywords: engineering management, engineering solutions, system solutions, engineering, reengineering, management, change, transformation, adaptation, life cycle, territory, building

For citation: Zhuravlev P.A. System solutions in the reengineering of territories and buildings. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):499–504. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1522>

土地和建筑流程再造中的系统性解决方案

P.A. 朱拉夫列夫^{1,2}✉

¹国家研究中心“库尔恰托夫研究所”，123182，俄罗斯联邦莫斯科库尔恰托夫广场1号

²国立研究型技术大学 MISIS, 119049, 俄罗斯联邦莫斯科列宁斯基大街4号1栋

✉ tous2004@mail.ru

摘要：工程解决方案是工程管理系统中的核心要素，受管理主体的影响最大，同时还受到组织、经济及其他决策的制约。相互关联的工程解决方案及相关解决方案可被视为系统性解决方案。在城镇发展及其相关基础设施和工业设施的开发中运用工程管理方法论，与工程解决方案在时间推移中的采纳与转化相关，这些解决方案确定单个基本建设项目的具体参数。反映城市群内不同区域的特征，有助于营造安全舒适的居住环境。该问题具有多层次性和跨学科性，可通过对现有管理和生产流程及其执行机构进行高质量且全面的改造——即流程再造——来促进其解决。

关键词：工程管理、工程解决方案、系统解决方案、工程、流程再造、管理、变革、转型、适应、生命周期、土地、建筑

Введение

В 70–80-е годы XX в. в рамках инженерного менеджмента и его составляющей – инжиниринга – сформировалась потребность в систематизации и унификации, что привело к разработке соответствующих руководств и регламентов. Участие в данном процессе финансовых структур позволило расширить сферу инжиниринга за счет услуг по обоснованию инвестиций, а также разработки самих инвестиционных решений на основе инженерных проработок с учетом экологических и социальных факторов. Указанный временной интервал стал переходным к постиндустриальному развитию общества и ознаменовал смену технологического уклада. Подобные причины обусловливают необходимость качественного преобразования существующих системных (в том числе, инженерных) решений. Такая трансформация первоначально только бизнес-процессов получила наименование – реинжиниринг, его теоретические и методологические основы были заложены в трудах М. Хаммером и Дж. Чампи [1]. В настоящее время данная концепция распространена на технические решения во всех сферах деятельности и рассматривается уже не как составляющая инжиниринга, а скорее, как его логическое продолжение.

Материалы и методы

Для решения поставленных задач использовались концепции устойчивого развития и жизненного цикла, положения теории конвергенции, системного анализа, инженерного менеджмента,

логистики регулирующих воздействий, а также ретроспективный и функционально-структурный методы, разработки отечественных и зарубежных ученых [2–8], а также ранее проведенные автором исследования [9–12].

Результаты исследования

Парадигма современного инженерного менеджмента определяет его как область научного познания, которая занимается изучением всех аспектов управления инженерной деятельностью и формированием на этой основе методологических принципов воздействия на материальное производство. В данной постановке можно выделить, как связанные между собой составляющие инженерного менеджмента: управление разработкой новых инженерных решений (инжиниринг) и качественным преобразованием уже существующих решений (реинжиниринг) (рис. 1).



Рис. 1. Составляющие инженерного менеджмента

Fig. 1. Components of engineering management

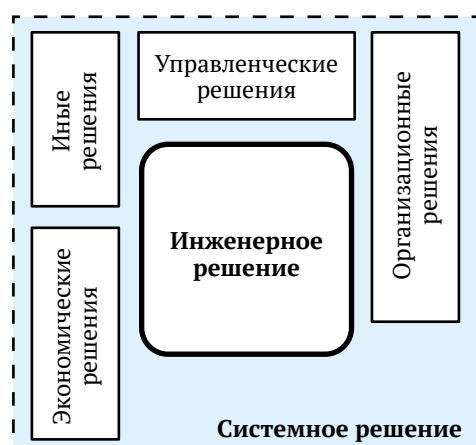


Рис. 2. Схема организации системного решения

Fig. 2. System solution organization diagram

Инженерные решения являются центральным элементом в системе инженерного менеджмента, испытывающим максимальное воздействие со стороны субъекта управления и на который накладываются организационные, экономические и иные решения (рис. 2). Таким образом, вокруг инженерного решения формируется среда из сопутствующих ему решений второго порядка, которая находится в состоянии гомеостазиса по мере актуальности ее центрального элемента. Взаимосвязанная совокупность инженерного и сопутствующих ему решений можно рассматривать как системное решение.

Следует отметить, что текущая обстановка указывает на резко проявившуюся в последнее время и одномоментно получившую высокий приоритет в общественной жизни тенденцию повышения роли реальной экономики, на которую помимо прочего стали оказывать существенное влияние факторы, связанные со сменой технологического уклада. К подобным факторам можно отнести цифровую трансформацию национальной экономики, а также территориальную и социальную конвергенцию. В статье в качестве постулата принято утверждение, что цифровая трансформация должна быть частью общей технологической трансформации экономики, а явление конвергенции рассмотрено в контексте управления видами деятельности (инвестиционной, эксплуатационной, градостроительной). По указанным причинам обозначенная тенденция будет характеризоваться потребностью в перманентном, ускоренном появлении новых идей и, как следствие, системных решений, затем воплощенных в новых продуктах, технологиях, услугах. Это в свою очередь по разным причинам приводит к повышенному спросу со стороны

потребителей. Но при этом подобный спрос обуславливает повышенные затраты на приобретение материализованных и овеществленных новых решений, а также дополнительные затраты времени и ресурсов на ликвидацию или продажу находящихся в распоряжении потребителей объектов, в основе которых лежат уже устаревшие системные решения. Данная проблема помимо чисто экономического описания имеет также проекции в производственной и социальных плоскостях. В первом случае проблема заключается либо в промышленном освоении нового решения, наличия гибких производственных систем, способных подстраиваться под новую технологию или выпуск новой продукции, либо в создании и функционировании организационных структур, имеющих возможность оказывать новую услугу. Во втором случае проблема имеет более широкий спектр проявления – от способности индивидуального и общественного восприятия продуктов на новых системных решениях до межличностных, межсоциумных взаимодействий [13–20].

Появление в современной экономической повестке вопросов ресурсо- и энергосбережения, а также необходимость их увязки с запросами общества в комфортной и безопасной среде жизни определило появление новых подходов и моделей управления, связанных с такими экономическими системами, как экономика замкнутого цикла, регенеративная экономика. Одним из таких направлений является продление эффективной эксплуатации объектов управления с учетом указанных требований современного общественного развития к среде жизни, в основе которой лежат как технические, так и организационные, управленические и экономические решения. Они в полной мере подвержены приведенным выше явлениям, тенденциям и факторам [20–26].

Таким образом, указанная проблема имеет многоуровневый и междисциплинарный характер, решению которой может способствовать качественное и комплексное преобразование существующих управленических и производственных процессов и реализующих их структур – ренжиниринг.

Территориально-пространственное развитие населенных пунктов и сопряженных с ними инфраструктурных и промышленных объектов находится в неразрывной связи с тенденциями, характеризующими общественную жизнь, такими как устойчивое развитие. Данная парадигма определяется интеграцией таких элементов как экологичность, социоориентированность и экономичность.

Опираясь на научные исследования в выбранной предметной области, в качестве конкретного механизма трансформации среды жизни предложен реинжиниринг территорий и застройки, учитывающий современные тенденции общественного развития (такие как конвергенция), а также положения научной дисциплины «инженерный менеджмент», сопряженной с концепциями устойчивого развития и жизненного цикла.

Использование методологии инженерного менеджмента относительно развития населенных пунктов связано с принятием и трансформацией с течением времени инженерных решений, определяющих параметры отдельных объектов капитального строительства, которые выражают характерные признаки территориальных зон внутри агломераций и должны способствовать формированию безопасной и комфортной среды. Любое системное решение и его центральный элемент – инженерное решение – имеет свой жизненный цикл, отличающийся от других этапностью и продолжительностью. Это же относится и к объектам капитального строительства, в комплексе застройки, связанной с территорией. По истечению жизненного цикла (достижению предельных значений износа) требуются дополнительные мероприятия, чтобы обеспечить выполнение указанных выше требований к жизненной среде. Мероприятия качественного преобразования того или иного системного (в том числе, инженерного) решения объектов капитального строительства в комплексе застройки в рамках управления их жизненным циклом автором трактуются как его реинжиниринг и подразделяются на две составляющие: реинжиниринг территории и реинжиниринг застройки. Одной из основных причин, побуждающих к подобным трансформациям системных (в том числе, инженерных) решений взаимосвязанного в застройке комплекса объектов капитального строитель-

ства, является конвергенция. В таком изложении постановка проблемы сформулирована впервые.

Непреложным в исследовании является тот факт, что результатом реинжиниринга должен быть положительный эффект. В опубликованных ранее работах [6; 8; 9; 27] указано на многоформатное и объемное проявление эффекта, проекции которого лежат в экономической, социальной и градостроительной областях. В указанных сферах эффект реинжиниринга декомпозируется на уровни муниципальной власти (местного самоуправления), собственника (застройщика), пользователя. В этой связи, как в работе [28] не все компоненты эффекта формализуемы, но их наличие свидетельствует о его сложном комплексном характере, а также наличия проблем в их идентификации, особенно в социальной и градостроительной составляющих.

Заключение

Предполагается, что можно за счет реинжиниринга существенно продлить жизненный цикл объектов капитального строительства в комплексе застройки за счет эффективной эксплуатации в целях формирования комфортной и безопасной среды жизни, снизить затраты по поддержанию ее на требуемом уровне как нормативно, так и со стороны потребителей.

В этой связи методические положения идентификации системного решения как объекта реинжиниринга, проведенные в статье, способствуют во-первых, эффективному управлению объектами капитального строительства и их комплексами на всех этапах жизненного цикла в единой системе «территория – застройка» за счет их качественной трансформации, во-вторых, повышению качества строительной продукции (как отдельных объектов капитального строительства, так и их комплексов в застройке), а также земельных участков, на которых она расположена.

Список литературы / References

- Хаммер М., Чампи Дж. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе. Пер. с англ. СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета; 1997. 332 с. (Russ. transl. from: Hammer M., Champy J. *Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution*. New York: Harper Business; 1993. 240 p.)
- Лазарева Н.В. Стоимостной инжиниринг в строительстве как синтез методологий управления инвестиционными потоками и ценообразования. *Новые технологии в строительстве*. 2024;10(143):44–48. Lazareva N.V. The methodology of calendar and network planning in the management of capital construction projects, taking into account the capabilities of information modeling technologies. *New Technologies in Construction*. 2024;10(143):44–48. (In Russ.)
- Лазарева Н.В. Развитие организационных методов активизации инновационной деятельности в строительстве на основе корпоративных кластеров. *Нормирование и оплата труда в строительстве*. 2017;(11):63–66. Lazareva N.V. Development of organizational methods for activating innovation activities in construction based on corporate clusters. *Normirovanie i oplata truda v stroitel'stve*. 2017;(11):63–66. (In Russ.)

4. Lazareva N.V., Zinoviev A.Y., Kochenkova E.M. Principles of construction technical expertise (expert examination) informatization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021;1015(1):012079. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1015/1/012079>
5. Митенков А.В., Елисеева Е.Н. Эволюция инновационных экосистем и трансформация бизнеса. *Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки*. 2024;17(2):154–165. <https://doi.org/10.17213/2075-2067-2024-2-154-165>
Mitenkov A.V., Eliseeva E.N. Evolution of innovation ecosystems and business transformation. *Bulletin of the South-Russian State Technical University (NPI) Series Socio-Economic Sciences*. 2024;17(2):154–165. (In Russ.). <https://doi.org/10.17213/2075-2067-2024-2-154-165>
6. Митенков А.В. Рождение метавселенной и предпосылки трансформации управления в организации: экоаспект. *Менеджмент в России и за рубежом*. 2024;(4):56–62.
Mitenkov A.V. The birth of the metaverse and the prerequisites for the transformation of management in organization: The eco-aspect. *Management v Rossii i za rubezhom = Management in Russia and Abroad*. 2024;(4):56–62. (In Russ.)
7. Журавлев П.А. Система нормативно-методического обеспечения принятия организационно-технологических решений при реконструкции и реновации зданий и сооружений. Дисс. ... канд. техн. наук. М.; 2015. 224 с.
8. Митенков А.В. К вопросу методологии управления трансформациями: модель Синго. *Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право*. 2024;34(4):652–659. Режим доступа: <https://journals.udsu.ru/econ-law/article/view/8930>
Mitenkov A.V. On the issue of transformation management methodology: the Singo model. *Bulletin of the Udmurt University. Series Economics and Law*. 2024;34(4):652–659. (In Russ.). Available at: <https://journals.udsu.ru/econ-law/article/view/8930>
9. Журавлев П.А., Сборщиков С.Б., Маслова Л.А. Реинжиниринг в строительстве. *Промышленное и гражданское строительство*. 2019;(7):71–76. <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2019.07.71-76>
Zhuravlev P.A., Sborshikov S.B., Maslova L.A. Reengineering in construction. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo = Industrial and Civil Engineering*. 2019;(7):71–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2019.07.71-76>
10. Журавлев П.А., Сборщиков С.Б. Влияние социальной и территориальной конвергенции на процессы трансформации среды жизнедеятельности. *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2021;(3(35)):107–115.
Zhuravlev P.A., Sborshikov S.B. Influence of social and territorial convergence on the processes of transformation of the life environment. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2021;(3(35)):107–115. (In Russ.)
11. Сборщиков С.Б., Журавлев П.А. Основные положения концепции реинжиниринга территории и застройки. *Вестник МГСУ*. 2022;17(3):365–376. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2022.3.365-376>
Sborshikov S.B., Zhuravlev P.A. Reengineering of territories and built-up areas: a conceptual framework. *Bulletin of MGSU*. 2022;17(3):365–376. (In Russ.). <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2022.3.365-376>
12. Сборщиков С.Б., Журавлев П.А. Методологические принципы организации реинжиниринга территорий и застройки. Фундаментальные поисковые и прикладные исследования РААЧ по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2022–2023 годы. В: Сб. ст. «Научные труды РААЧ». В 2-х т. М.: ACB; 2024. С. 385–396.
13. Малахов В.И. Современные технологии управления в строительстве. *Экономика*. 2018;(1):10–11. Malakhov V.I. Modern management technologies in construction. *Economy*. 2018;(1):10–11. (In Russ.)
14. Малахов В.И. Классификация строительных проектов. Режим доступа: <https://samovod.ru/content/articles/61105> (дата обращения: 27.04.2023).
15. Шинкарева Г.Н., Маслова Л.А. Инжиниринг как основа модернизации строительной отрасли. В: Сб. материалов VI Междунар. науч. конф. «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании». Москва, 14–16 ноября 2018 г. М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет; 2018. С. 162–166.
16. Шинкарева Г.Н. Модель инжиниринговой схемы организации строительства для контрактов жизненного цикла. Дисс. ... канд. техн. наук. М.; 2018. 172 с.
17. Шинкарева Г.Н., Маслова Л.А. Комплексный инжиниринг как способ интенсификации строительного производства. *Нормирование и оплата труда в строительстве*. 2018;(3):37–41.
Shinkareva G.N., Maslova L.A. Integrated engineering as a way to intensify construction production. *Normirovanie i oplata truda v stroitel'stve*. 2018;(3):37–41. (In Russ.)
18. Лейбман Д.М. Организация строительства технически сложных объектов. *Нормирование и оплата труда в строительстве*. 2018;(5):64–73.
Leibman D.M. Organization of the construction of technically complex facilities. *Normirovanie i oplata truda v stroitel'stve*. 2018;(5):64–73. (In Russ.)
19. Leybman D., Khrripko T. Quality assurance program of a nuclear facility. In: E3S Web of Conferences. 22nd Inter. scient. conf. on construction the formation of living environment, FORM 2019. Tashkent, 18–21 April 2019. EDP Sciences; 2019. Vol. 97. No 03015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199703015>

20. Khripko T. Mathematical modeling of failure of port control systems. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. VII International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2020*. 2021;1030:012101. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1030/1/012101>
21. Лысанова М.В. *Организация строительного производства с позиций автоматизации расчетов затрат ресурсов*. Дисс. ... канд. техн. наук. М.; 2015. 175 с.
22. Попков А.Г. Экзогенная модель организации кадрового обеспечения строительного производства. Дисс. ... канд. техн. наук. М.; 2013. 97 с.
23. Попков А.Г. *Реализация комплексных логистических решений корпорации «Единого заказчика»: на примере строительной отрасли*. Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2022;12(5A):324–328. Режим доступа: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2022-5/b11-popkov.pdf>
Popkov A.G. Implementation of integrated logistics solutions of the corporation “Single Customer”: on the example of the construction industry. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra = Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*. 2022;12(5A):324–328. (In Russ.). Available at: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2022-5/b11-popkov.pdf>
24. Амелин О.Н. *Организационно-экономический механизм управления развитием объектов терминально-логистической инфраструктуры*. Дисс. ... канд. экон. наук. М.; 2011. 142 с.
25. Kochenkova E.M. Environmental protection. Features of information modeling at the stages of the high-rise building life cycle. B: Сб. материалов семинара молодых учёных XXV Междунар. науч. конф. «Строительство – формирование среды жизнедеятельности». Москва, 20–22 апреля 2022 г. М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет; 2022. С. 115–120.
26. Vvedenskiy R., Sborshikov S., Markova I. Development of methods of operational and production management of construction of nuclear facilities. In: *E3S Web of Conferences. 24th Inter. scient. conf. “Construction the Formation of Living Environment”, FORM 2021” Moscow, 22–24 April 2021*. EDP Sciences; 2021. Р. 02047. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126302047>
27. Попков А.Г. Организация прогнозирования логистических процессов в строительстве. Экономика и предпринимательство. 2019;(2(103)):779–781. Popkov A.G. Promote women in the combination of career and reproductive labor. *Journal of Economy and Entrepreneurship = Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2019;(2(103)):779–781. (In Russ.)
28. Журавлев П.А., Сборщиков С.Б. Эффективность мероприятий реинжиниринга территории и застройки. Промышленное и гражданское строительство. 2021;(12):40–46. <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2021.12.40-46>
Zhuravlev P.A., Sborshchikov S.B. Effectiveness of reengineering measures of the territory and development. *Industrial and Civil Construction*. 2021;(12):40–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2021.12.40-46>

Информация об авторе

Павел Анатольевич Журавлев – канд. техн. наук, доцент, зам. директора по инвестиционному развитию, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», 123182, Москва, пл. Акад. Курчатова, д. 1, Российская Федерация; доцент кафедры промышленного менеджмента, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российская Федерация; e-mail: tous2004@mail.ru

Information about the author

Pavel A. Zhuravlev – PhD (Eng.), Associate Professor, Deputy Director for Investment Development, National Research Center “Kurchatov Institute”, 1 Acad. Kurchatov Sq., Moscow 123182, Russian Federation; Associate Professor of the Department of Industrial Management, National University of Science and Technology “MISIS”, 4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation; e-mail: tous2004@mail.ru

Поступила в редакцию 14.07.2025; поступила после доработки 24.11.2025; принята к публикации 27.11.2025
Received 14.07.2025; Revised 24.11.2025; Accepted 27.11.2025

Теоретико-методические треки построения эконометрических моделей диверсификации налоговой политики

В.Н. Засько  , О.И. Донцова  

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
125167, Москва, Ленинградский просп., д. 49/2, Российская Федерация

 oidontsova@fa.ru

Аннотация. Диверсификационная налоговая политика является современным инструментом платформенной экономики, мейнстримом развития бизнес-процессов и промышленной эффективности, а также фактором стабилизации финансовой системы страны. Она оказывает влияние на все аспекты эволюционных процессов в государстве. Однако в условиях глобальных вызовов и трансформации экономической ситуации отсутствует единая методологическая база, учитывающая как стратегические цели развития России, так и особенности инновационной экономики.

Цель исследования: предложить эффективно функционирующую актуальную эконометрическую модель по основным бюджетообразующим налогам и раскрыть перспективы применения данной модели. В статье дано авторское определение диверсификационной налоговой политики в качестве драйвера инновационного экономического роста. Обосновано утверждение, что диверсификация налоговой политики является не только инструментом пополнения бюджета, но и важнейшим элементом построения эффективной экосистемы технологического развития, способным обеспечить адаптацию к внешним вызовам и формирование долгосрочной устойчивости национальной экономики. В целях эффективного планирования инструментария налоговой политики построена эконометрическая модель многофакторной регрессии, которая оценивает зависимость налоговых поступлений в консолидированный бюджет от отдельных налогов и инфляции.

Применяемые в исследовании экономические и общенаучные методы научного познания, в том числе: контент-анализ, системный подход, индукция, экстраполяция, систематизация и группировка временных рядов, факторное моделирование, позволили предложить эконометрическую модель и достичь поставленной цели исследования.

Ключевые слова: национальная экономика, стратегия развития, диверсификация налоговой политики, экономический рост, трансформация фискальных механизмов, эконометрическое моделирование

Благодарности. Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных в 2025 г. за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансовому университету при Правительстве Российской Федерации (Москва, Российская Федерация).

Для цитирования: Засько В.Н., Донцова О.И. Теоретико-методические треки построения эконометрических моделей диверсификации налоговой политики. Экономика промышленности. 2025;18(4):505-517. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1521>

Theoretical and methodological tracks for building econometric models of tax policy diversification

В.Н. Засько  , О.И. Донцова  

Financial University under the Government of the Russian Federation,
49/2 Leningradsky Ave., Moscow 125167, Russian Federation

 oidontsova@fa.ru

Abstract. Diversified tax policy is a modern tool of platform economics, the mainstream of business process development and industrial efficiency as well as the stabilization factor of the country's financial system. It affects all the aspects of evolution processes in the country.

However, in the context of global challenges and economic system's transformation there is no unified methodological framework involving both strategic goals of Russia's development and the features of the innovation economy. The purpose of the study is to introduce an efficient up-to-date econometric model on the major budget-forming taxes and to reveal the prospects of using this model. The article gives the authors' definition of diversified tax policy as an innovative economic growth driver. It has been justified, that diversification of the tax policy is not only a tool for replenishing the budget, but also the most important element of building effective ecosystem of technological development capable of ensuring adaptation to external challenges and creation of the long-term sustainability of the national economy. To plan the tax policy tools effectively, the authors have built a multi-factor regression econometric model which evaluates the dependence of tax revenues into the consolidated budget from individual taxes and inflation. The study involved the following economic and general scientific methods of scientific cognition: content analysis, system approach, induction, extrapolation, systematization and grouping time series, and factor modeling. These methods made it possible to suggest the econometric model and achieve the goal of the study.

Keywords: national economy, development strategy, tax policy diversification, economic growth, fiscal mechanisms transformation, econometric modeling

Acknowledgements. The article was prepared based on the results of research carried out in 2025 at the expense of budgetary funds under the state assignment of the Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation).

For citation: Zasko V.N., Dontsova O.I. Theoretical and methodological tracks for constructing econometric models of tax policy diversification. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):505-517. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1521>

构建税收政策多元化计量经济学模型的理论与方法论路径

V.N. 扎西科 , O.I. 东佐娃  

俄罗斯联邦政府财经大学, 125167, 俄罗斯联邦莫斯科列宁格勒大街49/2号

 oidontsova@fa.ru

摘要：税收政策多元化是平台经济的现代工具，是优化业务流程和提升工业效率的主流手段，也是稳定国家金融体系的重要因素。它影响着国家发展进程的方方面面。然而，面对全球挑战和经济形势的转变，目前尚缺乏一个能够兼顾俄罗斯战略发展目标和创新型经济特点的统一方法论框架。

研究的目的是提出一个有效的主要创收税种计量经济学模型，并探讨其应用前景。文章阐述了作者对税收政策多元化的定义，认为税收政策多元化是创新型经济增长的驱动力。论证了税收政策多元化不仅是增加财政收入的工具，也是构建高效的技术创新生态系统的关键要素，该生态系统能够确保适应外部挑战并促进国民经济长期可持续发展。为了有效规划税收政策工具，构建了一个多元回归计量经济学模型，用以评估综合预算中的税收收入与个别税种和通货膨胀之间的关系。

本研究采用了经济学和一般科学研究方法，包括内容分析、系统方法、归纳法、外推法、时间序列的系统化分析和数据分组以及因子建模，这使我们能够构建计量经济模型并实现既定的研究目标。

关键词：国民经济，发展战略，税收政策多元化，经济增长，财政机制转型，计量经济学模型

致谢：本文是根据俄罗斯联邦政府财政大学（位于俄罗斯联邦莫斯科）于2025年利用国家预算资金完成的研究成果撰写的。

Введение

С учетом турбулентности мировой экономики важной стратегической задачей государства является достижение финансовой устойчивости национальной экономики. Налоговая политика России находится на этапе трансформации, которая обусловлена необходимостью адаптации

к новым экономическим реалиям, технологическим переменам, стратегическим приоритетам государства.

В формате масштабной конкуренции и внутреннего реинжиниринга модели государственного регулирования традиционные механизмы налогообложения постепенно утрачивают свою

результативность в стимулировании инновационного развития. Диверсификация налоговой политики требует системности, цифрового обрейда, корректировки системы налоговых льгот и ставок, создания действенных стимулов для инновационных отраслей.

Реализация этих предложений позволит не только повысить собираемость доходов, но и усилит доверие между государством и бизнесом, обеспечит устойчивость бюджетной системы и создаст условия для сбалансированного социально-экономического развития страны в долгосрочной перспективе с учетом правительственные приоритетов.

Литературный обзор

Комплексный анализ диверсификационной налоговой политики (ДНП) как элемента налоговой системы способствует интеграции востребованного в современных условиях подхода к реализации налоговой политики, а также дальнейшему внедрению в практику государственного управления. Проанализируем степень проработанности данного направления исследования в научном сообществе. Диверсификация различных элементов налогообложения может рассматриваться в отношении отдельных экономических субъектов (предприятий или домохозяйств) [1; 2]. На основе работы А. Виховска (A. Wichaowska) и А. Вадецка (A. Wadecka) можно заключить о различных векторах исследования ДНП, а также возможности оценки эффективности ее параметров в конкретных регионах страны, на муниципальном уровне и на уровне отдельных налогов [3].

В последнее десятилетие отдельные элементы ДНП также активно исследуются российскими авторами ввиду потребности национальной экономики в поиске инструментов и механизмов, способствующих нейтрализации внешних негативных эффектов на экономику России и активизирующих ее рост. Так, ДНП в качестве адаптационного подхода в рамках санкционного давления является предметом обсуждения в научном сообществе со временем введения санкционных ограничений (2014 г.). Д.И. Бабанский [4] рассматривает ДНП как одно из возможных направлений преобразования (адаптации) налоговой политики посредством совершенствования ее инструментария и последующего межотраслевого выравнивания налогового бремени. В рамках исследования автор обозначил цели стимулирования промышленного производства и модернизации основных производственных мощностей.

А.М. Шестоперов [5] рассматривает в своей работе налоговую политику как один из инструментов диверсификации экономики России, отмечая ее направление в сторону фискальной, а не стимулирующей функции ввиду замещения контроля за соблюдением налогового законодательства задачей по наполнению бюджета, в отличие от многих развитых стран, где налоговое бремя в большей степени распределено в соответствии с желательной структурой экономики.

Исследование А.А. Товгазовой [6] посвящено анализу налогового стимулирования инновационной деятельности в целях диверсификации налоговых доходов с учетом характерных особенностей функционирования данного механизма в России. В исследовании оценивается эффективность налогового стимулирования инновационной деятельности посредством сопоставления налоговых расходов с ростом налоговых доходов. Налоговое стимулирование инновационной деятельности рассматривается в качестве одного из направлений реализации налоговой политики РФ.

В исследовании О.А. Синенко [7] для обоснования политики налогового стимулирования устойчивого развития территории проведен сравнительный анализ моделей устойчивого развития, учитывающих поведение экономических агентов, где налоговое стимулирование территории с учетом реакций на вводимые государством налоговые стимулы соотносится с элементами диверсификации налоговой политики в части распределения фискальной нагрузки между различными группами налогоплательщиков. Автором предложены основные положения гибридного подхода к экономико-математическому моделированию налогового стимулирования устойчивого развития региона.

М.Е. Косова и соавт. [8] освещают проблематику адаптации государственной бюджетно-налоговой политики к условиям глобальных внешнеэкономических вызовов, проводится оценка ресурсной базы федерального бюджета РФ (в частности, нефтегазовых доходов) и адекватности мер бюджетно-налогового регулирования. В работе представлен анализ воздействия различных факторов, в числе которых изменение параметров налоговой политики на поступления нефтегазовых доходов федерального бюджета, а также отмечается важная роль инструментов государственной налоговой политики в обеспечении сбалансированности федерального бюджета, что по отдельным направлениям соотносится с направлениями реализации ДНП.

Исследование Д.М. Гаджикурбанова и И.В. Бердичевского [9] направлено на изучение взаимо-

связи налогового потенциала отечественных регионов и относительной внутренней стабильности и постоянства региональных экономических систем. Авторами применен системный подход и эконометрические методы, с помощью которых проводится оценка динамики макропоказателей в России, а также оценка влияния исключения дотаций при выравнивании бюджетной обеспеченности регионов. Осуществлен сравнительный анализ глобального и локального подходов к реализации регионального налогового потенциала, на основе которого сделан вывод об: 1) ограниченности применения глобального подхода, который самостоятельно не приведет к повышению интенсивности социально-экономического развития; 2) необходимости различных направлений использования данных подходов (в отношении общих правил и принципов социально-экономического развития (СЭР) / в части выявления глубинных составляющих СЭР); 3) необходимости их взаимодополнения. Авторы считают, что невыделение дотаций отдельным российским регионам приведет к нарушению стабильности социально-экономического развития субъекта, поскольку отразится на снижении уровня доходов и социальной обеспеченности населения. Анализируя данную статью, приходим к выводу, что можно нивелировать потенциальные социально-экономические последствия от невыделения дотаций посредством применения инструментария ДНП.

М.В. Морошкина и С.А. Мяки [10] провели оценку эффективности особых экономических зон (ОЭЗ) и фискальной политики, проводимой в регионах Российской Федерации, с точки зрения социально-экономических результатов регионального развития, а также применяемых мер стимулирующего характера (преимущественно налоговых льгот) как инструментов, способствующих улучшению показателей предпринимательской и инвестиционной активности. Налоговая политика и ее инструментарий в данном исследовании также рассматриваются в составе ОЭЗ в совокупности с иными стимулирующими механизмами.

Н.В. Грызунова [11] проанализировала показатель налогового потенциала и его составляющих: факторов, обуславливающих его изменение и репрезентативность, группы методов оценки налогового потенциала и др. Автор подняла вопрос значимости статистической налоговой информации, позволяющей измерять и контролировать различные налоговые показатели. В рамках предлагаемой авторской модели налоговый потенциал рассматривается и оценивается на трех уровнях: используемые ресурсы, технологии, качество финансового управления.

Построена модель множественной регрессии зависимости налогового потенциала по ресурсным налогам от различных показателей.

По результатам анализа научных публикаций можно заключить, что российскими исследователями проработаны следующие вопросы ДНП и реализации ее отдельных направлений:

- снижение зависимости российской экономики от сырьевых финансовых ресурсов [5; 6; 8; 10];
- обеспечение сбалансированности налоговой системы [4; 5; 8];
- стимулирование экономического развития [6; 10; 11];
- обеспечение экономической стабильности и устойчивости к экономическим шокам [3–6; 8];
- расширение налоговой базы, внедрение новых инструментов налоговой политики [7–10].

Однако множественность позиций, с которых рассматривается ДНП, формирует потребность в проведении исследования, посвященного разностороннему характеру реализации налоговой политики и применения ее инструментария по направлению его диверсификации в современных условиях.

Необходимо отметить, что в проанализированных исследованиях вопросам ДНП и ее отдельным механизмам реализации уделяется значительное внимание, при этом отсутствует единый понятийный аппарат в отношении этого термина. Данный термин свободно интерпретируется в зависимости от исследовательских задач, несмотря на распространенность отдельных направлений реализации и адаптации инструментария ДНП в современной российской экономике.

Авторы исследования предлагают следующую дефиницию: *диверсификация налоговой политики представляет собой процесс многопланового распределения фискальной нагрузки между различными группами налогоплательщиков и секторами экономики, который характеризуется переходом от монотипной системы налогообложения к многофакторной модели, в которой используются стимулирующие механизмы налогообложения, специализированные и упрощенные режимы, дифференцированные ставки в сочетании с адаптивными льготами, институциональные механизмы проактивного налогового администрирования.*

В научной литературе, несмотря на множество статистических и математических моделей, оценивающих отдельные инструменты налоговой политики и их эффективность, отсутствует модель, способствующая разработке комплексных сценарных прогнозов ДНП по налогам, составляющим бюджетную основу Российской Федерации (РФ). С учетом поставленной цели исследования

рассмотрим теоретико-методические основы ДНП с учетом стратегических направлений развития российской экономики и предложить модель для оценки влияния изменений в налоговой политике в рамках ее диверсификации на налоговые поступления и доходы бюджета.

Результаты исследования

Мейнстрим реализации ДНП состоит в следующем.

1. Уменьшение финансовой зависимости от сырьевых ресурсов. В странах с экономикой, ориентированной на экспорт сырья (например, нефти и газа), колебания мировых цен значительно влияют на величину бюджетных доходов. ДНП помогает снизить риски, связанные с такими колебаниями, путем развития альтернативных источников налоговых поступлений, применения цифровых технологий, совершенствования налогового администрирования.

2. Расширение налоговой базы по существующим налогам и введение новых налогов в условиях платформенной экономики. Диверсификация включает в себя возможность внедрения экономически обоснованных новых налогов в растущие секторы экономики (налоги на сверхдоходы, новые акцизы), такие как высокие технологии, услуги и цифровая экономика [13; 14]. Это может включать новые правила налогообложения на цифровые услуги, налоги на электронную коммерцию и другие формы налогообложения, которые отражают современные тенденции и потребности экономики.

3. Совершенствование справедливости налоговой системы. Одной из целей ДНП является создание более справедливой налоговой системы, которая учитывает интересы и возможности различных слоев населения: прогрессивная шкала по налогу на доходы физических лиц (НДФЛ), специальные налоговые льготы для социально незащищенных слоев населения.

4. Стимулирование инновационного экономического роста. ДНП может способствовать экономическому росту путем создания более привлекательных условий для инвестиций и ведения бизнеса. Стимулирование может включать налоговые льготы для стартапов, инновационных компаний, малых и средних предприятий, что в свою очередь способствует созданию новых рабочих мест и увеличению налоговых поступлений.

5. Адаптация механизмов налогообложения к международным налоговым стандартам в целях привлечения иностранных инвесторов. Такие механизмы могут включать участие в соглашениях об избежании двойного

налогообложения, гармонизацию налогового законодательства с нормами, принятыми в дружественных странах, введение наднациональных налоговых норм и правил.

6. Развитие устойчивости к экономическим шокам. ДНП как система устойчива к экономическим шокам, таким как финансовые кризисы или резкие изменения в международной экономике, финансовым ограничениям/санкциям. Это связано с тем, что разнообразие источников доходов бюджета в зависимости от уровня и вида налогов позволяет нивелировать негативные последствия.

Глобальная задача эффективной реализации налоговой политики – увеличение доходной части бюджета страны, т.е. диверсификация с потенциальным ростом налоговых поступлений [15; 16]. Для разработки сценарных прогнозов ДНП Российской Федерации и достижения стратегических целей авторами построена эконометрическая модель многофакторной линейной регрессии, которая определяет зависимость налоговых поступлений от налоговых и экономических факторов. Ключевыми показателями для анализа – факторами, которые влияют на динамику налоговых поступлений, учитывающими диверсификацию, выбран весь пул налоговых доходов в консолидированный бюджет РФ, включающий: 1) налог на добавленную стоимость (НДС); 2) налог на прибыль организаций (НПО); 3) НДФЛ; 4) акцизы; 5) имущественные налоги (ИН); 6) налог на добычу полезных ископаемых (НДПИ); 7) остальные налоги и сборы (рис. 1).

На январь–июль 2025 г. основным источником налоговых поступлений в консолидированный бюджет России являются поступления НДПИ, которые составляют 5,8 трлн руб. Следующим по значимости является НДС – 5,5 трлн руб. НПО составляет 5,4 трлн руб., в то время как НДФЛ – 4,9 трлн руб. Остальные налоги и сборы составляют 3,1 трлн руб. Самыми незначительными с точки зрения формирования общего налогового баланса являются поступления от акцизов – 144,6 млрд руб., т.е. 0,6 % от всех налоговых поступлений на январь–июль 2025 г.

На базе перечисленных выше факторов, влияющих на диверсификацию налоговых поступлений, построена модель многофакторной линейной регрессии, которая позволяет установить зависимость между объясняемыми и независимыми переменными, результатом и факторами, а также даст возможность построить прогнозные значения налоговых поступлений в консолидированный бюджет страны на будущие плановые периоды.



Рис. 1. Налоговые поступления в консолидированный бюджет Российской Федерации

Источник: Аналитический портал ФНС России. Режим доступа: <https://analytic.nalog.gov.ru/> (дата обращения: 17.09.2025).

Fig. 1. Tax revenues to the consolidated budget of the Russian Federation

Source: Analytical portal of the Federal Tax Service of Russia. Available at: <https://analytic.nalog.gov.ru/> (accesses on 17.09.2025).

В данном случае в модели многофакторной регрессии независимой переменной Y (результатом), на которую оказывают влияние зависимые переменные X_n (факторы), выступают налоговые поступления в консолидированный бюджет РФ. В качестве фактора, который влияет на налоговые поступления в бюджет, выбрана инфляция, которая является фундаментальным макропоказателем, определяющим динамику налоговых доходов в бюджет и оказывающим системное воздействие на формирование налоговой базы. Задача заключается в том, чтобы найти уравнение зависимости результата от факторов X_n , трлн руб.:

Y – налоговые поступления в консолидированный бюджет;

X_1 – НДС; X_2 – НПО; X_3 – НДФЛ; X_4 – акцизы; X_5 – ИН; X_6 – НДПИ;

X_7 – остальные налоги и сборы; X_8 – инфляция, %.

Для эффективной реализации модели многофакторной регрессии и принципов экстраполяции прогнозных данных необходимо использовать максимально релевантное число данных, обусловленное методологическими и содержательными факторами. Поскольку с 2017 г. начался новый этап макроэкономического развития РФ после рецессии 2015–2016 гг., то выборка с 2017 по 2025 г. позволяет рассматривать данный временной горизонт как относительно однородный с точки зрения экономической политики. В данный период реализуются меры поддержки инновационно-инвестиционной политики государства, национальные правительственные проекты и новые тенденции развития цифровых продуктов

для платформенной экономики. Данный период выборки охватывает несколько критически значимых фаз развития: 1) 2020–2021 гг. – влияние пандемии COVID-19 и ответных налогово-бюджетных мер; 2) 2022–2023 гг. – трансформация внешнеэкономических условий и адаптация налоговой политики к санкционным ограничениям; 3) 2024–2025 гг. – прогнозный горизонт, совпадающий с временными рамками ключевых государственных стратегий.

Таким образом, период 2017–2025 гг. позволяет одновременно учсть фактическую динамику и оценить потенциальную траекторию развития налоговой системы в условиях глобальных структурных изменений, что делает выбор репрезентативным для целей анализа налоговой политики. Для выборки значений переменных за 2017–2025 гг. была использована статистика ФНС России и данные Федеральной службы государственной статистики (рис. 2, табл. 1).

Для построения регрессивных моделей могут быть использованы различные программные инструменты, например: 1) R – язык является стандартом для статистического анализа, обладает огромным количеством библиотек, но его использование требует высокой квалификации в области программирования для разработки программного кода; 2) Python – универсальная среда для анализа данных и машинного обучения, при этом требует больших временных затрат эконометрического анализа; 3) EViews – коммерческий пакет для эконометрики, включает значительный набор функций, но необходима платная лицензия.

Выбранный авторами программный пакет Gretl имеет достаточный инструментарий для эконометрического моделирования и удобный интерфейс для пошагового исключения факторов и тестирования спецификации модели. К его достоинствам относятся: 1) понятный интерфейс и простота применения; 2) широкий набор встроенных эконометрических функций; 3) визуализация итоговых данных посредством построения графиков и диаграмм. Отбор влияющих факторов производится посредством статистических ме-

тодов. Наиболее распространеными являются: 1) метод исключения – надежный в случае достаточного количества наблюдений; позволяет избежать пропуска значимых факторов; 2) метод включения – в начальной модели отсутствуют факторы, они добавляются по одному в порядке убывания силы корреляции с зависимой переменной, эффективен для малых выборок; 3) пошаговый метод – факторы могут как включаться, так и исключаться на каждом шаге, что делает его более гибким, но менее прозрачным в интерпретации.



Рис. 2. Гистограмма динамики налоговых поступлений в консолидированный бюджет Российской Федерации с 2017 по 2025 г.

Источник: Аналитический портал ФНС России. Режим доступа: <https://analytic.nalog.gov.ru/> (дата обращения: 19.04.2025).

Fig. 2. Histogram of the dynamics of tax revenues to the consolidated budget of the Russian Federation from 2017 to 2025

Source: Analytical portal of the Federal Tax Service of Russia Available at: <https://analytic.nalog.gov.ru/> (accesses on 19.04.2025).

Таблица 1 / Table 1

Налоговые поступления в бюджет РФ с 2017 по 2025 г., трлн руб.

Tax revenues to the Russian budget from 2017 to 2025 (trillion rubles)

Год	НДС, X_1	НПО, X_2	НДФЛ, X_3	Акцизы, X_4	ИН, X_5	НДПИ, X_6	Остальные налоги и сборы, X_7	Инфляция X_8 , %
2017	3,1	3,3	3,3	1,5	1,3	4,1	0,83	2,52
2018	3,6	4,1	3,7	1,5	1,4	6,1	0,98	4,27
2019	4,3	4,5	4	1,3	1,4	6,1	1,2	3,05
2020	4,3	4	4,3	1,8	1,4	4	1,3	4,91
2021	5,5	6,1	4,9	0,675	1,4	7,3	2,6	8,39
2022	6,5	6,4	5,7	-0,985	1,6	11	2,6	11,94
2023	7,2	7,9	6,5	-0,677	1,7	9,9	3,6	7,42
2024	8,7	8,1	8,4	-1,1	1,8	12,6	4,9	9,52
2025	0,483	0,392	0,344	-0,095	0,0143	1,1	0,135	2,71

Источник: Аналитический портал ФНС России. Режим доступа: <https://analytic.nalog.gov.ru/> (дата обращения: 19.04.2025).

Source: Analytical portal of the Federal Tax Service of Russia. Available at: <https://analytic.nalog.gov.ru/> (accessed on 19.04.2025).

В данном исследовании для построения модели применяется метод исключения в целях пошагового уменьшения числа переменных, оказывающих влияние на объем налоговых поступлений. Далее факторы проверяются на мультиколлинеарность, т.е. наличие линейной зависимости между объясняющими переменными (факторами) регрессионной модели.

Посредством программы Gretl рассчитаны частные коэффициенты корреляции между каждой парой переменных (табл. 2). Частный коэффициент корреляции может принимать значения от -1 до +1. Положительное значение коэффициента корреляции указывает на положительную связь между X и Y , т.е. с ростом одной из переменных вторая также возрастает, например, с ростом НДС увеличиваются налоговые поступления в бюджет страны. Напротив, отрицательный коэффициент корреляции означает, что с ростом одной из переменных другая убывает.

Наибольшие значения коэффициента корреляции наблюдаются между X_1 и X_5 (0,9919), т.е. между НДС и НДФЛ, а также между X_1 и X_2 (0,9841), т.е. между НДС и НПО, что характеризует практически прямую положительную линейную зависимость между данными факторами. Каждый из частных коэффициентов корреляции не должен превышать по модулю 0,8. В противном случае в модель включают только один из двух факторов, а именно тот, у которого модуль коэффициента корреляции с Y (совокупные налоговые поступления) больше.

Присутствие в модели лишних факторов не снижает величину остаточной дисперсии и не увеличивает коэффициент детерминации, этот факт приводит к статистической незначимости параметров регрессии по t -критерию Стьюдента [17]. Величина парных коэффициентов корреляции указывает лишь на сильную коллинеарность факторов.

Включение в модель мультиколлинеарных факторов имеет следующие последствия: 1) возникают трудности с интерпретацией параметров множественной регрессии; 2) оценки параметров не являются достаточно надежными.

Посредством матрицы парных коэффициентов проведена оценка мультиколлинеарности факторов. В случае если факторы независимы друг от друга, матрица парных коэффициентов корреляции между факторами является единичной, так как все недиагональные элементы r_{xixj} ($i \neq j$) будут равны 0. Чем ближе к нулю определитель межфакторной корреляционной матрицы, тем сильнее мультиколлинеарность факторов и ненадежнее результаты многофакторной регрессии. И, нао-

борот, чем ближе к единице определитель такой матрицы, тем меньше мультиколлинеарность факторов (табл. 3).

Таким образом, для построения многофакторной модели регрессии, определяющей зависимость величины налоговых поступлений в консолидированный бюджет РФ от выбранных показателей, используются следующие факторы: 1) акцизы X_4 ; 2) имущественные налоги X_5 ; 3) остальные налоги и сборы X_7 ; 4) инфляция X_8 . Данные факторы использованы для построения модели многофакторной линейной регрессии, так как они исключают мультиколлинеарность между показателями, т.е. не создают двойного влияния на результирующее значение Y .

Таблица 2 / Table 2
Частные коэффициенты корреляции

Partial correlation coefficients					
Y	X_1	X_2	X_3	X_4	
1,0000	0,9900	0,9856	0,9872	-0,5179	Y
	1,0000	0,9841	0,9919	-0,5634	X_1
		1,0000	0,9688	-0,5224	X_2
			1,0000	-0,4997	X_3
				1,0000	X_4
X_5	X_6	X_7	X_8		
0,8955	0,9677	0,9307	0,7900	Y	
0,8621	0,9572	0,9564	0,8042	X_1	
0,8785	0,9444	0,9317	0,7790	X_2	
0,8862	0,9374	0,9447	0,7501	X_3	
-0,1242	-0,6740	-0,6978	-0,7222	X_4	
1,0000	0,7968	0,6998	0,5656	X_5	
	1,0000	0,9188	0,8538	X_6	
		1,0000	0,7885	X_7	
			1,0000	X_8	

Таблица 3 / Table 3
Матрица частных коэффициентов корреляции, выбранных для моделирования факторов

Matrix of partial correlation coefficients of factors selected for modeling				
Факторы и частные коэффициенты корреляции, выбранные для моделирования				
X_4	X_5	X_7	X_8	
1,0000	-0,1242	-0,6978	-0,7222	X_4
	1,0000	0,6998	0,5656	X_5
		1,0000	0,7885	X_7
			1,0000	X_8

Коэффициенты корреляции, наблюдения 1–9, 5 % критические значения (двухсторонние) = 0,6664 для $n = 9$.

Акцизы X_4 по результатам выбранных факторов для моделирования оказывают влияние на 51,79 % на налоговые поступления в консолидированный бюджет РФ и менее 80 % коррелируют с другими показателями, выбранными для построения модели. Имущественные налоги X_5 на 89,55 % оказывают влияние на результирующий показатель Y и менее чем на 80 % коррелируют с другими показателями. Остальные налоги и сборы X_7 оказывают влияние на 93,07 % на совокупные налоговые поступления в консолидированный бюджет РФ и коррелируют с другими показателями менее чем на 80 %. Инфляция X_8 на 79 % влияет на результирующий показатель и менее 80 % коррелирует с другими показателями, выбранными для построения модели.

Все остальные факторы показали дублирующее влияние на совокупные налоговые поступления в консолидированный бюджет РФ, поэтому необходимо их исключить из модели регрессии для того, чтобы полученная в итоге модель демонстрировала взаимозависимость переменных и построенные на ее основе прогнозы были статистически значимы и применимы на практике.

Для оценки параметров регрессии используется метод наименьших квадратов (МНК), который позволяет провести оценку параметров, где сумма квадратов отклонений фактических значений результирующего признака Y (налоговые поступления в консолидированный бюджет РФ) от теоретических Y (X_1, \dots, X_n) минимальна (табл. 4).

Поскольку остальные факторы, выбранные для моделирования, показали дублирующее влияние на налоговые поступления, то эти факторы были исключены из модели регрессии для того, чтобы полученная в итоге модель демонстрировала взаимозависимость переменных, и построенное на ее основе уравнение было статистически значимым и применимым на практике.

Коэффициенты в уравнении получены посредством оценки параметров линейной регрессионной модели методом МНК в Gretl, где зависимой переменной является Y (налоговые поступления в консолидированный бюджет).

Так как в результате используются факторы X_4, X_5, X_7, X_8 , то получено следующее уравнение многофакторной регрессии:

$Y = \text{Коэффициент при } X_4 \times X_4 + \text{коэффициент при } X_5 \times X_5 + \text{Коэффициент при } X_7 \times X_7 + \text{коэффициент при } X_8 \times X_8 + \text{константа};$

$$Y = (-1,17378) \times X_4 + 12,7896 \times X_5 + 3,13610 \times X_7 + 0,270544 \times X_8 + 0,858845.$$

Обсуждение результатов

Помимо расчета самих коэффициентов регрессии программа Gretl представляет ряд других показателей, которые дают характеристику данной модели регрессии. Стандартная ошибка означает стандартное отклонение оценок, которые будут получены при многократной случайной выборке данного размера той же совокупности.

Учитываемые в модели множественной регрессии факторы объясняют вариацию независимой переменной. При построении модели с набором n факторов, для нее определяется коэффициент детерминации R^2 , который отражает долю объясненной вариации результирующей переменной рассматриваемыми в регрессии факторами. Влияние иных внешних факторов, не учтенных в модели, оценивается как $1-R^2$ с соответствующей остаточной дисперсией S^2 .

Поскольку границы индекса множественной корреляции заключаются в пределах от 0 до 1, то близость его значения к 1 выражает сильную связь результирующего признака с совокупным набором исследуемых факторов. То есть значение коэффициента множественной корреляции должно быть больше или равно максимальному парному индексу корреляции между факторами.

Таблица 4 / Table 4

Показатели, характеризующие качество модели линейной регрессии
Indicators characterizing the quality of the linear regression model

Расчетные показатели модели линейной регрессии			
Среднее зависимой переменной	25,38889	Стандартное отклонение зависимой переменной	11,97272
Сумма квадратов остатков	9,557303	Стандартная ошибка модели	1,545744
R -квадрат	0,991666	Скорректированный R -квадрат	0,983332
$F(4, 4)$	118,9888	P -значение (F)	0,000207
Логарифмическое правдоподобие	-13,04081	Критерий Акаике	36,08162
Критерий Шварца	37,06775	Критерий Хеннана–Куинна	33,95357



Рис. 3. Тест Бройша-Пэгана

Fig. 3. Breusch-Pagan test

Релевантность и работоспособность модели определяется по скорректированному коэффициенту детерминации R -квадрат. Поскольку коэффициент детерминации равен 0,991666, то выбранные факторы определяют вариацию результата Y на 99,17 %, а на 0,83 % вариация результата зависит от иных факторов, не включенных в модель. Таким образом, налоговые поступления в консолидированный бюджет РФ на 99,17 % зависят от выбранных показателей и модель является релевантной.

Авторами исследования была проведена проверка адекватности регрессионной модели (проверка значимости индивидуальных оценок коэффициентов модели с помощью t -критерия Стьюдента и оценка значимости уравнения регрессии с помощью F -критерия Фишера). Показатели, характеризующие качество модели линейной регрессии:

- $F(4, 4) = 118,9888$;
- P -значение (F) = 0,000207.

Таким образом, было рассчитано, что $F_{\text{стат}} > F_{\text{крит}}$ ($118,9888 > 0,000207$). Это констатирует тот факт, что построенное уравнение регрессии не только включает в себя исключительно статистически значимые переменные, но и сама модель многофакторной регрессии статистически значима, что означает высокий уровень качества построенного уравнения регрессии.

Для определения дисперсии случайной ошибки эконометрической модели авторами проведено тестирование на гетероскедастичность с использованием теста Бройша-Пэгана (рис. 3).

Поскольку P -значение $> 0,1$, то отсутствует гетероскедастичность в построенной модели – это доказывает, что модель была построена математически верно. В целях дополнительной проверки точности построенной многофакторной линейной регрессии проведена проверка ретроспективных данных и сверка Y исходного против расчетного (табл. 5).

Рассчитав результирующий показатель по ретроспективным данным, отклонение от реальных значений составило в среднем 2,9 %, что подтверждает точность модели для прогнозирования данных (рис. 4).

Построенная эконометрическая модель позволяет оценить (или оценивать) зависимость объема налоговых поступлений в консолидированный бюджет от отдельных налогов и инфляции. Данная модель имеет большое значение с точки зрения государственного управления, так как способствует достижению более глубокого понимания механизмов составления бюджета и формирует предпосылки к эффективному планированию инструментария налоговой политики. Эта модель позволяет разработать сценарные прогнозы ДНП РФ в целях достижения стратегических целей и задач страны.

Таблица 5 / Table 5

Оценка модели на основе ретроспективных данных

Model evaluation based on historical data

Год	Y (исходное)	Y (прогнозное)	Отклонение (абсолютное)	Отклонение, %
2017	17,3	18,15	0,851	4,9
2018	23,3	20,37	-2,927	-12,6
2019	22,7	20,97	-1,732	-7,6
2020	21	21,20	0,198	0,9
2021	28,5	27,54	-0,963	-3,4
2022	33,6	33,00	-0,596	-1,8
2023	36,2	35,83	-0,366	-1,0
2024	43,5	42,25	-1,245	-2,9

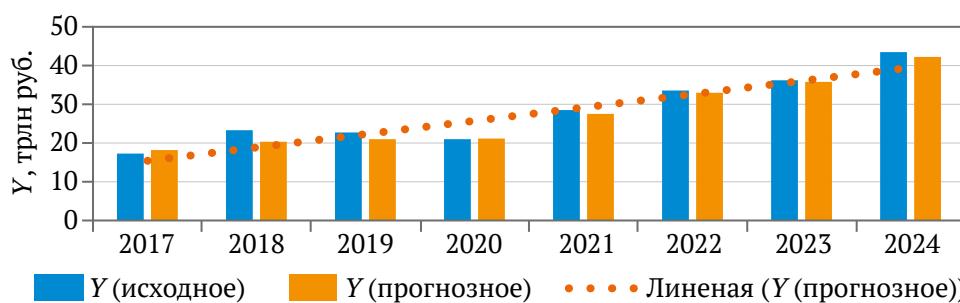


Рис. 4. Проверка модели на ретроспективных данных, визуализация исходного результирующего показателя и прогнозного в рамках модели многофакторной линейной регрессии

Fig. 4. Testing the model on retrospective data, visualization of the initial resulting indicator and the predicted one within the framework of the multivariate linear regression model

Положительной компонентой регрессионного анализа является возможность построения временных рядов за длительный период, установления причинно-следственных связей между факторами и определения воздействия выбранных факторов, а именно ключевых налоговых доходов и макроэкономических показателей на динамику налоговых поступлений в консолидированный бюджет России. Кроме того, регрессионные модели имеют большой объем проверочных тестов для получения репрезентативных данных и позволяют выбрать факторы, которые оказывают непосредственное влияние на величину бюджетных доходов. К недостаткам модели можно отнести ограниченность получения исходных данных по объемам и временному периоду.

Таким образом, модель многофакторной регрессии позволяет: 1) дать количественную оценку выбранных факторов (налоговых доходов и макроэкономических показателей) с целью формирования доходов бюджета в рамках диверсификации налоговой политики; 2) сделать ретроспективный прогноз налоговых поступлений в бюджетную систему страны и определить относительную ошибку прогноза в рамках построения модели; 3) построить прогнозные сценарии налоговых поступлений в бюджет.

Заключение

Построенная модель позволяет оценить влияние изменений в налоговой политике в рамках ее диверсификации на налоговые поступления и доходы бюджета в целом. В частности, можно проанализировать корректировки конкретных параметров инструментария налоговой политики и на основе полученных данных принять обоснованные решения о внесении изменений в налоговую политику с учетом потенциала мо-

дели. Преимуществом построенной модели является возможность формирования на ее основе сценарных прогнозов ДНП с учетом анализа текущих экономических условий и отдельных макроэкономических показателей.

Сценарные прогнозы минимизируют риски, связанные с дефицитом бюджета, зависимостью от внешних факторов, неэффективным распределением ресурсов, инфляцией, геополитической ситуацией. При анализе зависимости налоговых поступлений в бюджет от различных источников можно определить наиболее устойчивые и менее стабильные источники доходов, на основе чего конкретизировать те области налоговой политики, которые требуют дополнительного внимания в виде поддержки, стимулирования или налогового администрирования.

В условиях экономической нестабильности и внешних шоков важность построенной модели проявляется в способности анализировать различные сценарии развития событий и оценивать их потенциальное влияние на налоговые доходы. Это помогает разрабатывать более гибкие и адаптивные стратегии налоговой политики в рамках ее диверсификации.

Таким образом, можно заключить, что ДНП во всей совокупности механизмов и элементов – это векторный процесс изменения и адаптации налоговой системы страны в целях уменьшения зависимости бюджетных поступлений от определенных источников доходов (например, сырьевых) и создания более сбалансированной и устойчивой налоговой базы на основе совершенствования элементов налоговой политики, оценки эффективности их применения и проактивной деятельности налоговой службы. Можно констатировать, что ДНП – это подход, включающий в себя: 1) внедрение обновленных налоговых инструментов и механизмов; 2) изменение

существующих налоговых ставок и расширение налоговой базы за счет включения новых категорий объектов налогообложения; 3) внедрение новых, адаптивных систем налогообложения для крупного и малого бизнеса.

Полученные в ходе исследования результаты могут быть использованы в практической дея-

тельности Правительства Российской Федерации, Министерства финансов России, ФНС России, Минэкономразвития России, и иными заинтересованными органами государственной власти и управления, а также субъектами бизнес-сообщества в части диверсификации налоговой политики и фискальных механизмов ее реализации.

Список литературы / References

1. Idris R.T., Yemisi O. All that glitters: Mining and the political economy of environmental governance in Osun State. *Afrika Focus*. 2025;38(1):109–141. <https://doi.org/10.1163/2031356x-20250106>
2. Mandell D.B., Foos C.C. Tax diversification. An essential strategy for long-term wealth management. *Modern Aesthetics*. 2023;Jan./Feb.:36–37. Available at: <https://modernaesthetics.com/articles/2023-jan-feb/tax-diversification> (accessed on 14.06.2025).
3. Wichowska A., Wadecka A. Diversification of fiscal and economic consequences of municipal tax policy on the example of real estate tax. *Olsztyn Economic Journal*. 2021;16(2):219–235. <https://doi.org/10.31648/oej.8044>
4. Бабанский Д.И. Диверсификация фискальной политики как инструмент стимулирования промышленного развития. *Финансовый журнал*. 2014;(3):96–103.
Babansky D.I. Diversification of fiscal policy as a tool of industrial development stimulation. *Finansovyi Zhurnal*. 2014;(3):96–103. (In Russ.)
5. Шестоперов А., Фокина А. Налоговая политика как инструмент диверсификации экономики России. *Общество и экономика*. 2010;(7-8):219–231.
Shestoperov A., Fokina A. Tax policy as an instrument of diversification of the Reconomy. *Obshchestvo i ekonomika*. 2010;(7-8):219–231. (In Russ.)
6. Товгазова А.А. Налоговое стимулирование инновационной деятельности как фактор диверсификации будущих налоговых доходов в условиях современных вызовов и угроз. *Экономика и управление*. 2016;(1(123)):95–100.
Tovgazova A.A. Tax incentives for innovative activity as a factor in the diversification of future tax receipts amid current challenges and threats. *Ekonomika i upravlenie*. 2016;(1(123)):95–100. (In Russ.)
7. Синенко О.А. Моделирование налогового стимулирования устойчивого развития территорий. *Известия Байкальского государственного университета*. 2023;33(3):466–474. [https://doi.org/10.17150/2500-2759.2023.33\(3\).466-474](https://doi.org/10.17150/2500-2759.2023.33(3).466-474)
Sinenko O.A. Modeling tax incentives for sustainable development of territories. *Bulletin of Baikal State University*. 2023;33(3):466–474. (In Russ.). [https://doi.org/10.17150/2500-2759.2023.33\(3\).466-474](https://doi.org/10.17150/2500-2759.2023.33(3).466-474)
8. Косов М.Е., Чалова А.Ю., Ахмадеев Р.Г., Голубцова Е.В. Федеральный бюджет и бюджетно-налоговая политика государства: макроэкономическая адаптация до 2025 года. *Финансовый журнал*. 2023;15(2):8–26. <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2023-2-8-26>
Kosov M.E., Chalova A., Akhmadeev R., Golubtsova E.V. Federal budget and state fiscal policy: macroeconomic adaptation until 2025. *Finansovyi zhurnal = Financial Journal*. 2023;15(2):8–26. (In Russ.). <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2023-2-8-26>
9. Гаджикурбанов Д.М., Бердичевский И.В. Системный подход к исследованию проблемы реализации налогового потенциала регионов. *Вестник Института экономики Российской академии наук*. 2016;(5):105–121.
Gadzhikurbanov D.M., Berdichevskiy I.V. System approach to the research of the sales issues of the tax potential of regions. *Vestnik Instituta ekonomiki Rossiiskoi akademii nauk = Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*. 2016;(5):105–121. (In Russ.)
10. Морошкина М.В., Мяки С.А. Результаты инвестиционного развития российских регионов, на территориях которых функционируют особые экономические зоны. *Региональная экономика: теория и практика*. 2018;16(9):1735–1748. <https://doi.org/10.24891/re.16.9.1735>
Moroshkina M.V., Myaki S.A. The results of the investment development of the Russian regions with Special Economic Zones. *Regional Economics: Theory and Practice*. 2018;16(9):1735–1748. (In Russ.). <https://doi.org/10.24891/re.16.9.1735>
11. Грызунова Н.В. Оценка налогового потенциала ресурсных налогов, анализ динамики и структуры налоговых платежей. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика*. 2018;45(2):281–288. <https://doi.org/10.18413/2411-3808-2018-45-2-281-288>
Gryzunova N.V. Estimation of tax capacity of the resource tax, the analysis of the dynamics and structure of tax payments. *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya Ekonomika. Informatika*. 2018;(2(45)):281–288. (In Russ.). <https://doi.org/10.18413/2411-3808-2018-45-2-281-288>

12. Зоидов Х.К., Миронов В.Р. Моделирование влияния инструментария бюджетной и денежно-кредитной политики на повышение эффективности методов стимулирования экономики. *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2023;(8(154)):82–94.
Zoidov Kh.K., Mironov V.R. Modeling the impact of the tools of budgetary and monetary policy on improving the effectiveness of methods of stimulating the economy. *Regionalnye problemy preobrazovaniya ekonomiki*. 2023;(8(154)):82–94. (In Russ.)
13. Грундел Л.П., Черепишникова Д.В. Сценарные прогнозы диверсификации налоговой политики России в контексте достижения стратегических целей. *Экономика строительства*. 2025;(4):450–452.
Grundel L.P., Cherepishnikova D.V. Scenario forecasts for the diversification of Russia's tax policy in the context of achieving strategic goals. *Ekonomika stroitel'stva*. 2025;(4):450–452. (In Russ.)
14. Grundel L.P. A meaningful description of the institutional and legal factors in the functioning of the tax administration ecosystem that affect the implementation of economic tasks. In: Nagar A.K., Jat D.S., Mishra D.K., Joshi A., eds. *Intelligent Sustainable Systems. WorldS4 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*. Singapore: Springer. 2024; 817. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7886-1_35
15. Митенков А.В. Теория трансформации системы управления организации. М.: ООО «Стройинформиздат»; 2024. 200 с.
16. Митенков А.В., Клеванский В.Ф. Разработка новых подходов к прогнозированию и оценке эффективности сделок слияния и поглощения. *Экономика промышленности*. 2025;18(2):254–264. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-2-1475>
Mitenkov A.V., Klevansky V.F. Development of new approaches to forecasting and evaluating the effectiveness of mergers and acquisitions. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(2):254–264. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-2-1475>
17. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник и практикум для вузов. М.: Изд-во Юрайт; 2025. 538 с. Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/565694> (дата обращения: 18.09.2025).
18. Redmond G., Herault T., Budgett B. (eds.). *Tax Policy Design and Behavioural Microsimulation Modeling*. Palgrave Macmillan; 2019. 400 p.

Информация об авторах

Вадим Николаевич Засько – д-р экон. наук, доцент, декан факультета налогов, аудита и бизнес-анализа, главный научный сотрудник Центра научных исследований и стратегического консалтинга, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 125167, Москва, Ленинградский просп., д. 49/2, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0901-9720>; e-mail: vnzasko@fa.ru

Олеся Игоревна Донцова – д-р экон. наук, доцент, ведущий научный сотрудник Центра научных исследований и стратегического консалтинга, факультет налогов, аудита и бизнес-анализа, профессор кафедры экономической теории факультета международных экономических отношений, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 125167, Москва, Ленинградский просп., д. 49/2, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7924-2111>; e-mail: oidontsova@mail.ru

Information about the authors

Vadim N. Zasko – Dr.Sci. (Econ.), PhD (Econ.) (full), Associate Professor, Dean at the Faculty of Tax, Audit and Business Analysis, Chief Researcher at the Center for Scientific Research and Strategic Consulting, Financial University under the Government of the Russian Federation, 49/2 Leningradsky Ave., Moscow 125167, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0901-9720>; e-mail: vnzasko@fa.ru

Olesya I. Dontsova – Dr.Sci. (Econ.), PhD (Econ.) (full), Associate Professor, Leading Researcher at the Center for Scientific Research and Strategic Consulting, Faculty of Tax, Audit and Business Analysis, Professor of the Department of Economic Theory, Financial University under the Government of the Russian Federation, 49/2 Leningradsky Ave., Moscow 125167, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7924-2111>; e-mail: oidontsova@mail.ru

Поступила в редакцию 30.07.2025; поступила после доработки 12.11.2025; принята к публикации 14.11.2025

Received 30.07.2025; Revised 12.11.2025; Accepted 14.11.2025

Обезвоживание хвостов – инновационный стратегический приоритет золотодобывающей промышленности: экономические аспекты

А.К. Солнцев^{1,2}  

¹ Российская академия наук, 119991, Москва, Ленинский просп., д. 14, Российской Федерации

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, Российской Федерации

 a.k.solntsev@gmail.com

Аннотация. В работе выявлены и проанализированы инновационные стратегические тренды золотодобывающей промышленности. На основе проведенного анализа обоснован инновационный стратегический приоритет золотодобывающей промышленности – обезвоживание хвостов золотодобычи. Выявлены причины недостаточного внедрения соответствующих технологий, например, неполный учет затрат, высокие ожидаемые издержки на внедрение, ценообразование на водные ресурсы. Определены стратегические интересы сторон, предложены основы для их согласования. Исследован международный опыт, в частности опыт государственного регулирования водопотребления в горной добыче в Чили. Обосновано применение справедливой цены для полного учета стоимости водных ресурсов. Проведен анализ исследований экономических аспектов обезвоживания хвостов; выявлены особенности расчета финансовых параметров проектов для определения чистой приведенной стоимости проектов и внутренней нормы доходности. Проанализированы стадии жизни экономического проекта в золотодобыче, в том числе периодов после закрытия рудника или хвостохранилища. Выделены периоды получения доходов, а также расходов, классифицированных по объекту. Обоснована роль внедрения технологий обезвоживания хвостов для снижения экономической неопределенности проектов на стадии прогнозирования. Полученные результаты могут быть применены на практике предприятиями золотодобывающей отрасли, при разработке отраслевых и корпоративных стратегий, а также в дальнейших исследованиях в области стратегирования золотодобывающих предприятий.

Ключевые слова: золотодобывающая промышленность, обезвоживание хвостов, обратное водоснабжение, инновационные стратегические тренды, чистая приведенная стоимость, эффективность, устойчивое развитие

Для цитирования: Солнцев А.К. Обезвоживание хвостов – инновационный стратегический приоритет золотодобывающей промышленности: экономические аспекты. Экономика промышленности. 2025;18(4):518–528. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1559>

Economic aspects of tailings dewatering as an innovative strategic priority of gold mining industry

А.К. Солнцев^{1,2}  

¹ Russian Academy of Sciences, 14 Leninskiy Ave., Moscow 119991, Russian Federation

² Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskiye Gory, Moscow 119991, Russian Federation

 a.k.solntsev@gmail.com

Abstract. In this paper, innovative strategic trends in the gold mining industry are identified and analyzed. Based on the analysis, such an innovative strategic priority as the dewatering of gold mining tailings is justified. The reasons for the insufficient implementation of relevant technologies have been identified, for example, such as incomplete cost accounting, high

expected implementation costs, and pricing of water resources. The strategic interests of the parties have been identified, and the basis for their coordination has been proposed. The international experience is studied, in particular the experience of state regulation of water consumption in mining in Chile. The application of a *fair price* to fully account for the cost of water resources is justified. An overview of research on the economic aspects of tailings dewatering is given, and the specifics of calculating the financial parameters of projects in determining the net present value of projects and the internal rate of return are revealed. The stages of the project's life in gold mining, including those after the mine closure, are analyzed. The periods of income and expenses, classified by object, are highlighted. The role of introducing tailings dewatering technologies to reduce project uncertainty is substantiated. The results of the study can be applied in practice by enterprises of the gold mining industry, in the development of industry and corporate strategies, as well as in further research.

Keywords: gold mining industry, tailings dewatering, water recycling, innovation strategic trends, net present value, efficiency, sustainable development

For citation: Solntsev A.K. Economic aspects of tailings dewatering as an innovative strategic priority of gold mining industry. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):518–528. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1559>

尾矿脱水——黄金开采行业的创新战略优先事项：经济方面

A.K. 索恩采夫^{1,2}  

¹ 俄罗斯科学院, 119991, 俄罗斯联邦莫斯科列宁斯基大街14号

² 莫斯科罗蒙诺索夫国立大学, 119991, 俄罗斯联邦莫斯科列宁山1号

 a.k.solntsev@gmail.com

摘要：本文识别并分析了黄金开采行业的创新战略趋势。基于所进行的分析，论证了黄金开采行业的创新战略优先事项——金矿尾矿脱水。指出了相关技术推广不到位的原因，包括成本核算不完整、预期实施成本高以及水资源定价问题。明确了各方的战略利益，提出了协调各方利益的基础。研究了国际经验，特别是智利政府对采矿用水的监管经验。论证了采用公平价格充分反映水资源成本的必要性。对尾矿脱水经济方面的研究进行了分析，明确了计算项目财务参数以确定项目净现值和内部收益率的特点。分析了黄金开采项目的生命周期，包括矿山或尾矿库关闭后的阶段。明确了收入和按对象分类的支出的时期。论证了实施尾矿脱水技术在降低项目预测阶段经济不确定性方面的作用。所得结果可供黄金开采企业在实践中应用，也可用于制定行业和企业战略，并可用于黄金开采企业战略化领域的进一步研究。

关键词：黄金开采业, 尾矿脱水, 循环供水, 创新战略趋势, 净现值, 效率, 可持续发展

Введение

В экономических исследованиях уделено большое внимание технологическим вопросам утилизации хвостов и организации хвостохранилищ в золотодобывающей отрасли. Экономические аспекты эффективности современных способов обращения с хвостами рассмотрены не так подробно. Тем не менее отсутствие исследований стратегии в этой области препятствует своеестественному и эффективному внедрению инноваций и использованию этих, по сути, резервов золотодобывающей промышленности.

Методологически данная работа опирается на общую теорию стратегии и методологию стратегирования, разработанную под руководством академика В.Л. Квinta. В соответствии с основными законами и постулатами этой методоло-

гии, в работе обоснован, выделен и проанализирован такой инновационный стратегический приоритет золотодобывающих предприятий, как внедрение экономически эффективных методов обезвоживания хвостов.

Обоснование стратегического приоритета.

Иновационные стратегические тренды

Своевременное выявление инновационных стратегических трендов является основой конкурентоспособности предприятия в любой отрасли. Ряд экономистов, прежде всего нобелевский лауреат Э. Феллпс (E. Phelps) Й. Шумпетер (J.A. Schumpeter), академик А.Г. Аганбегян, Т. Стюарт (T.A. Stewart), выделяли инновационную деятельность как важный фактор экономического роста и в последующем – повышения уровня жизни [1–4].

Согласно работе академика В.Л. Квinta, «применение прорывных технологий на всех этапах стратегирования – один из значимых и первоочередных факторов обеспечения долгосрочного успеха» [5]. Помимо этого, как гласит одно из правил стратегического мышления В.Л. Квinta, «поддержка стратегически важных инноваций может обеспечить огромные стратегические преимущества» [6].

В качестве одного из отраслевых трендов в золотодобыче можно выделить снижающееся качество руды, что требует внедрения новых технологий. Эта тенденция отмечена во многих инновационных публикациях¹ [7]. В отчете консалтинговой фирмы Ernst & Young в 2024 г. отмечалось, что «содержание золота в руде постепенно снижается и стремится к 1 г/т»². Например, по данным Навоийского горно-металлургического комбината (Узбекистан) содержание золота в руде предприятия также снизилось до 1,1 г/т уже к концу 2023 г.³. Этот отраслевой тренд существенно является для предприятий стратегической угрозой, заставляя вести поиск не только новых месторождений, но и своевременно определять стратегические тренды, заниматься выявлением и внедрением инновационных технологий.

При переработке руды используется большое количество воды, служащей смазкой и растворителем. Следовательно, снижение качества руды заставляет производителей перерабатывать ее большие объемы для поддержания прежних уровней производства драгоценного металла, а вместе с тем потреблять все *большие объемы воды*.

Другим важным отраслевым трендом стратегической значимости является снижение доли россыпных месторождений. Следует отметить, что эта тенденция наблюдается на протяжении уже нескольких десятилетий. В связи со снижением доли россыпных месторождений, соответственно

но увеличивается доля коренных руд открытых и подземных месторождений [8]. Значительную часть в переработке занимают упорные руды, а также руды двойной упорности [8]. Применение все более сложных технологических процессов, а также нескольких технологий последовательно требует значительных объемов водных ресурсов по тем же причинам, что описаны выше.

Исследователи отмечают, что основной конечной точкой цикла водопотребления на большинстве рудников являются хвостохранилища, а технологии повторного использования и переработки воды выступают возможными вариантами борьбы с ее нехваткой [9]. Таким образом, большая часть объемов потребляемой комбинатами воды утилизируется вместе с хвостами производства, если не внедрены инновационные технологии обезвоживания. Исходя из этого, можно считать, что обезвоживание хвостов является перспективным методом повышения оборотного водоснабжения.

Отметим, что именно хвосты производства являются основным отходом золотодобычи. Они представляют собой смесь частиц пустой породы и малооценной руды, обычно наполненной водой, зачастую содержащей в себе опасные химические вещества, в частности, цианиды. Образовавшаяся пастообразная смесь после извлечения золота отправляется на захоронение в специально образуемые полигоны – хвостохранилища.

Исторически хвостохранилища формировались на территориях, окруженных дамбами, внутри которых складывались отходы производства. Это требует решения множества вопросов, связанных как с физической безопасностью, так и с опасностью отравления подземных вод, грунтов и воздуха. Исторически для защиты от просачивания дно хвостохранилища устилалось глинистыми грунтами, что не дает стопроцентной защиты. Со временем была принята альтернативная технология по устиланию дна пленкой, однако и в этом случае невозможно исключать проникновения загрязненных вод. Возможно применение обеих технологий одновременно, что значительно повышает герметичность системы⁴.

Перечисленные выше стратегические угрозы заставляют осуществлять мониторинг состояния грунтовых вод и воздуха, а также заградительных сооружений (дамб). В мире известны случаи как

¹ Демшина Н. Кучное выщелачивание – новые возможности добычи золота. Глобус. Геология и бизнес. 18 марта 2024. Режим доступа: <https://www.vnedra.ru/analiticheskij-kontrol/kuchnoe-vyshhelachivanie-novye-vozmozhnosti-dobychi-zolota-24265/> (дата обращения 28.08.2025); Global gold mining outlook. Available at: https://www.fitchsolutions.com/bmi/commodities/global-gold-mining-outlook-05-09-2023?fsWebArticleValidation=true&mkt_tok=NzMyLUNLSC03NjcAAAGV9VWp8_9q8uB3qQ4-WxOpdS_FQ5CXdwflzxMn6VLGyDQ86s2kx0eG63ilc9ApIYgyId-XaVT5K2VsQbe3huKQV2w9ySsYUqi77XT9avlLZh60blcq6Q (accessed on 04.10.2024).

² Braunsteiner D. How gold miners can build long-term competitiveness. 09 Feb. 2024. Available at: https://www.ey.com/en_ca/energy-resources/how-gold-miners-can-build-long-term-competitiveness (accessed on 04.10.2024).

³ АО «НГМК». Справочная информация о компании. Режим доступа: https://www.ngmk.uz/images/main-page/Fact%20sheet_rus.pdf (дата обращения: 08.08.2025).

⁴ Bodley A., Chen S., Ferrier M., Cooling D. Reclamation of a conventional tailings facility for long term dry stacking operations in Western Australia. Proceed. Tailings and Mine Waste 2011. November 6 to 9, 2011. Available at: <http://open.library.ubc.ca/media/stream/pdf/59368/1.0107706/1> (accessed on 08.09.2025).

нанесения экологического ущерба⁵, так и катастроф, связанных с прорывом дамб хвостохранилищ, унесших множество жизней⁶.

Разные методы, используемые для утилизации хвостов имеют свои достоинства и недостатки, однако традиционные способы (без использования технологий обезвоживания) несут в себе наибольшие риски аварий [10]. Несмотря на все усилия в области устойчивого управления отходами и очевидный положительный эффект для безопасности, популярность инновационных технологий обезвоживания хвостов не показывает заметного роста [11]. Это можно напрямую объяснить ожиданием более высокой стоимости их внедрения [12; 13].

В литературе существует подробный анализ технологических особенностей обезвоживания хвостов до разной степени влажности. Среди применяемых технологий можно выделить загустители, ленточные фильтр-пресссы, камерные фильтр-пресссы, центрифуги и др.⁷ [14]. В некоторых случаях наилучшего эффекта можно добиться путем комбинации двух и более технологий [15].

Ответственное управление хвостохранилищами

Следует отметить изменение отношения общества и производителей к вопросам устойчивого развития, что является частью глобального тренда в области ESG (*Environmental, Social and Governance*). Растущее значение экологических аспектов заставляет производителей внедрять инновационные технологии для соответствия повышающимся требованиям в области охраны окружающей среды. К негативным последствиям золотодобывающих производств можно отнести загрязнение воды (в первую очередь, токсичными веществами), загрязнение почвы, уничтожение ландшафта, выбросы тяжелых металлов

⁵ Towards zero harm. A compendium of papers prepared for the Global tailings review. 05 August 2020. Available at: <https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/09/GTR-TZH-compendium.pdf> (accessed on 08.09.2025).

⁶ «Потоки грязи разрывали людей на части». Бразилия пережила самую страшную катастрофу в своей истории. Виновных не нашли до сих пор. Режим доступа: <https://lenta.ru/articles/2019/06/26/brazil/> (дата обращения: 12.11.2025).

⁷ Whittering R. Filtered dry stack tailings: the 'state of play' for high capacity tailings filter plants. Filtech 2019. May 2, 2020. Available at: <https://ausenco.com/insights/filtered-dry-stack-tailings-the-state-of-play-for-high-capacity-tailings-filter-plants/> (accessed on 08.09.2025); Fourie A.B., Reid D. (eds.). Klug R., Rivadeneira A., Schwarz N. Dewatering tailings for dry stacking: rapid water recovery by the means of centrifuges. Paste 2019 – AJC Paterson. Available at: <http://www.saimm.co.za/Conferences/Copper-Cobalt-2018/47-Schwarz-477-488.pdf> (accessed on 08.09.2025).

и мелкодисперсной пыли в воздух, отрицательное влияние на климат.

На достижении Целей в области устойчивого развития ООН сконцентрировано большое число программ и проектов в мире, и, в частности, в золотодобывающей промышленности. Соответствие растущим требованиям экологии является необходимым условием для лидерства в отрасли, и все компании-лидеры формализуют в своих стратегических документах соответствующие мероприятия⁸. Достижение этих целей невозможно без внедрения разнообразных инновационных технологий, и в том числе в области обезвоживания хвостов.

Усилия отраслевых акторов привели к формированию Глобального отраслевого стандарта управления хвостохранилищами⁹, а также других отраслевых стандартов, таких как Принципы ответственной золотодобычи Мирового золотого совета (*World Gold Council's Responsible Mining Principles*, RGMPs)¹⁰. Отметим, что Глобальный отраслевой стандарт управления хвостохранилищами – узкоспециальный документ, в то время как RGMPs являются более широкими и корреспондируют множеству Целей в области устойчивого развития ООН¹¹.

В основе Глобального отраслевого стандарта управления хвостохранилищами лежит комплексный подход, а сам стандарт направлен на предотвращение катастрофических сбоев и повышение безопасности хвостохранилищ по всему миру. При этом он шире рекомендаций по управлению хвостохранилищами и затрагивает

⁸ Newmont sustainability report 2023. Available at: https://s24.q4cdn.com/382246808/files/doc_downloads/2023/sustainability/newmont-2023-sustainability-report.pdf (accessed on 24.06.2025); Barrick Gold Corporation. Sustainability Report 2023. Available at: http://q4live.s25.clientfiles.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/322814910/files/doc_downloads/sustainability/Barrick_Sustainability_Report_2023.pdf (accessed on 14.05.2025); Kinross Gold Corporation. 2023 Sustainability Report. Available at: https://s2.q4cdn.com/496390694/files/doc_downloads/sustainability/2024/Kinross-Gold-2023-Sustainability-Report-Final.pdf (accessed on 18.11.2024); NMMC ESG Factsheet 2023. Available at: https://www.ngmk.uz/wp-content/uploads/2024/12/ESG_FACTSHEET_NMMC.pdf (accessed on 12.11.2025).

⁹ Глобальный отраслевой стандарт управления хвостохранилищами. Окончательный проект. 5 августа 2020 года. Режим доступа: https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/08/global-tailings-standard_spreads_RU.pdf (дата обращения: 18.11.2024).

¹⁰ Responsible gold mining principles. Available at: <https://www.gold.org/industry-standards/responsible-gold-mining> (accessed on 05.09.2025).

¹¹ Цели в области устойчивого развития. Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (дата обращения: 08.09.2025).

также многие важные вопросы, лежащие в смежных плоскостях: права человека в затронутых категориях населения, проблемы публичного раскрытия информации и многих др.

Проблема оценки потребляемых водных ресурсов. Определение справедливой цены воды

Отдельно стоит проблема оценки стоимости потребляемой воды. Применяемая цена частного потребителя или себестоимость ее извлечения из недр не является ни верной, ни справедливой, поскольку такой подход не учитывает стоимость восстановления воды, которая «не только не принимается во внимание, но и не совсем понятна» [16]. При таком подходе не учитывается эффект, перекладываемый экстенсивным потреблением воды на будущие поколения, а сокращение водных ресурсов на планете является глобальной стратегической угрозой.

Горнодобывающие производства расположены во многих регионах мира, которые характеризуются нехваткой водных ресурсов, а их дефицит является проблемой для индустрии в целом [17]. Одним из примеров таких мест является государство Чили, которое характеризуется и дефицитом водных ресурсов, и высокой концентрацией горнодобывающих предприятий в пустыне Атакама, считающейся самой засушливой территорией на земле. Данное государство богато ресурсами: оно занимает первое место по объемам добычи и экспорта меди, также активно идет разработка месторождений железа, нитратов, золота, серебра, цинка, рения, молибдена и лития¹². По имеющимся данным, доля горнодобывающей отрасли составила около 12 % валового внутреннего продукта (ВВП) государства по итогам 2023 г.¹³ и 14 % к концу 2024 г.¹⁴.

Опыт государственного регулирования в Чили в области добычи полезных ископаемых представляет большой интерес для исследователей и может быть заимствован другими странами.

¹² Экономическое развитие Чили. Режим доступа: <https://chiledren.com/ekonomicheskoe-razvitiye-chily/#close> (дата обращения: 30.08.2025).

¹³ Mining sector contribution to the gross domestic product in Chile from 2011 to 2023, by mineral. Available at: <https://www.statista.com/statistics/1618186/chile-mining-sector-contribution-gdp-by-mineral/#:~:text=Mining%20sector%20GDP%20contribution%20in%20Chile%202011%202023%20by%20mineral&text=Copper%20mining%20in%20Chile%20accounted,country's%20total%20GDP%20in%202023> (accessed on 30.08.2025).

¹⁴ Chile's mining and metals investment guide 2025. Available at: <https://www.ey.com/content/dam/ey-unified-site/ey-com/es-cl/about-us/documents/informe-minero-2025.pdf> (accessed on 30.08.2025).

Ведущая роль горнодобывающей отрасли в национальной экономике вынуждает государство гибко и ответственно подходить к формированию соответствующей институциональной среды. При этом важно отметить, что Чили входит в перечень государств с очень высоким уровнем человеческого развития¹⁵, а по расположению в рейтинге уровня восприятия коррупции¹⁶ занимает второе место в Южной Америке – после Уругвая.

При этом Чили характеризуется исторической сверхэксплуатацией водных ресурсов, а водный баланс в стране является отрицательным, начиная с 1996 г. [18]. Среди доступных источников пресной воды на территории страны существуют только ископаемые водоносные горизонты, чьи ресурсы воспроизводятся значительно медленнее, чем потребляются [19].

Возвращаясь к вопросам полной корректной оценки стоимости водных ресурсов, отметим, что необходимые механизмы могут быть закреплены на институциональном уровне. Так, в Чили законодательно запрещено использовать пресную воду в горной добыче на вновь открывшихся предприятиях [20], и компании вынуждены использовать морскую воду, которую они опресняют для производственных целей.

Подобные требования ставят предприятия отрасли в неравное положение с рядовыми потребителями водных ресурсов, поскольку технологии опреснения являются капитало- и энергоемкими [21]. В основе технологии опреснения лежит принцип обратного осмоса, потребляющего существенный объем энергии.

Отдельной проблемой является транспортировка воды – энергоемкая стадия, причем с потреблением преимущественно электрической энергии. Транспортировка воды на высоту 100 м требует такого же количества энергии, как ее горизонтальная транспортировка на расстояние в 100 км [22]. При этом некоторые горнодобывающие предприятия в Чили расположены на высоте в 3000 м над уровнем моря. Однако комбинаты в пустыне Атакама имеют конкурентное преимущество в виде большого количества доступной солнечной энергии. В результате большая часть потребностей в энергетике, необходимых на

¹⁵ Доклад о человеческом развитии за 2023–2024 гг. Режим доступа: <https://hdr.undp.org/system/files/documents/hdr2023-24overviewru.pdf> (дата обращения: 16.11.2025); Чили: Развитие человеческого потенциала. Режим доступа: https://ru.theglobaleconomy.com/Chile/human_development/ (дата обращения: 12.11.2025).

¹⁶ Рейтинг стран по уровню коррупции. Режим доступа: <https://ru.tradingeconomics.com/country-list/corruption-rank> (дата обращения: 12.11.2025).

опреснение, закрывается с помощью солнечных батарей [23].

В работе С. Еррера-Леон и соавт. (S. Herrera-Leon et al.) в своей работе предложили применение солнечных батарей в системах опреснения воды, а также оптимизацию стоимости систем водоснабжения путем их совместного использования несколькими потребителями [23]. Стоимость кубического метра воды в такой системе оценивается авторами в диапазоне от 3,52 до 5,70 долл. США [23]. В результате моделирования и оценки получена сравнительная цена единицы водных ресурсов. Рассчитанное значение составляет *справедливую цену*. Применение этой цены в расчетах при определении инвестиционных параметров проектов в горнодобывающей отрасли может быть полезным для соответствия проекта целям устойчивого развития. Как отмечают исследователи, в горной добыче есть четыре потенциальных варианта действий в случае нехватки местной пресной воды: снижение объемов производства, поиск пресной воды, поиск воды для доставки из другой местности, повышение эффективности водопользования [24]. На примере Чили была рассчитана *справедливая цена* водного ресурса, позволяющая организовать водопотребление в соответствии с принципами устойчивого развития. Видно, что для регионов с низкой доступностью местных водных ресурсов и невозможности их доставки из других регионов, из всех доступных вариантов именно организация эффективного водопользования приобретает форму стратегической возможности в терминах методологии стратегирования.

Экономические аспекты инновационного стратегического приоритета

Переход к ответственному управлению хвостохранилищами можно рассматривать как самостоятельный тренд. Отметим, что, согласно общей теории стратегии и методологии стратегирования академика В.Л. Квinta, любая стратегия направлена в первую очередь на повышение благополучия человека. При этом основным стратегическим интересом коммерческих предприятий является извлечение прибыли. В связи с этим требуются конкретные действия для согласования этих стратегических интересов.

Одним из факторов, влияющих на активное внедрение инновационных технологий – обезвоживания хвостов, является недостаточное количество достоверных данных об экономических результатах их применения, а зачастую и ожидание их отрицательного действия на экономические показатели проекта. Сроки реализации

проектов в золотодобыче могут составлять десятилетия от начала разработки до завершения. После прекращения добычи наступает фаза консервации, что подразумевает также мониторинг состояния хвостохранилищ, а также мероприятия по восстановлению биологического разнообразия. Существует тенденция предприятий к не полному учету затрат, связанных с консервацией и последующим обслуживанием промышленных объектов (в особенности опасных) на стадии проектирования. Однако необходимость поддержания их в безопасном состоянии отражается на операционных расходах предприятия, которые во многих случаях не заложены в стоимость проекта. Предприятия склонны свести затраты после завершения фазы добычи (совпадающей с фазой извлечения прибыли) к нулю. Недостаточное раскрытие информации и вследствие этого непрозрачность расходов на содержание дамб хвостохранилищ имеет тяжелые последствия, в особенности в случае аварий [25]. Отмечается, что шламообразные отходы с высоким содержанием воды требуют более высоких затрат на последующее восстановление, однако они более привлекательны для предприятия в связи с более низкими операционными и капитальными расходами [25].

Возможно, причина подобного подхода кроется в отсутствии доступного и удобного способа сопоставления себестоимости добычи, а также неполном учете затрат. При планировании финансовых показателей проекта компании во многих случаях не оценивают расходы на водные ресурсы по их *справедливой стоимости*.

Показатели операционных и капитальных расходов при внедрении технологий обезвоживания хвостов

Существующие методы учета и отнесения затрат в золотодобыче были приняты Мировым золотым советом в 2013 г. Основным методом является учет полных удельных затрат на золотодобычу (*All-in Sustaining Costs*, AISC). Их составная часть – полные денежные затраты (*Total Cash Costs*, TCC). Эти показатели были предложены для унификации методов оценки затрат и возможности сравнения разных предприятий и их экономической эффективности. Также они удобны для более полного понимания структуры издержек предприятия, поскольку в AISC включаются, среди прочих, затраты на геологоразведку и другие, не попадающие в себестоимость по привычным методам расчета. Внедрение показателей положительно повлияло на публичное раскрытие компаниями информации о результатах своей деятельности, однако, как отмечают исследо-

дователи, использование этой системы привело к искажению оценки цены капитала во времени в расчетах, в частности по причине некорректного учета амортизационных отчислений, процентных платежей и др. [25].

Отметим, что общепринятый метод финансового моделирования проектов – метод дисконтирования денежных потоков (*Discounted Cash Flows*, DCF) – основан на расчете взаимосвязанных показателей: чистой приведенной стоимости проекта (*Net Present Value*, NPV) и внутренней нормы доходности (*Internal Rate Of Return*, IRR). Однако NPV основан на снижении стоимости будущих финансовых потоков под влиянием одного фактора (снижения стоимости денег), растущего экспоненциально во времени [26]. Это вызывает преуменьшение денежных потоков будущих периодов при преувеличении более ранних денежных потоков [25]. Помимо этого, метод приводит к завышению оценки капиталовложений на ранних стадиях проекта [27]. Как известно, оценку инвестиций в горнодобывающей отрасли можно свести к оценке выручки (или опосредованно через объемы запасов, содержание минерала и соответствующих биржевых цен), производственных капитальных расходов (CAPEX), текущих операционных расходов (OPEX) [26].

Общепринятым является использование метода чистой приведенной стоимости при оценке проектов в горнодобывающих отраслях с постоянной скорректированной ставкой дисконтирования (*Risk Adjusted Discount Rate*, RADR), при расчете которой помимо изменения стоимости денег во времени учитывается также показатель риска [28]. По сути, «ставка дисконтирования есть функция риска ожидаемых денежных потоков» [29]. Большинство проектов в горной добыче рассчитаны на периоды длительностью не менее 20 лет. При этом стадия закрытия рудника, его консервации приходится на самые поздние периоды. Отдаленность прогнозируемых периодов приводит, с одной стороны, к неточностям при их расчетах, а с другой – занижению роли соответствующих денежных потоков. Это может приводить к неверной постановке стратегических целей и задач, и некорректному распределению ресурсов по шкале времени в процессе разработки и реализации стратегии.

Другая проблема связана с оценкой финансовых показателей в добыче полезных ископаемых. Большинство моделей рассматривает случай открытия нового производства, применяется стоимость полной добычи в ценах года, а объем запасов рассчитывается по среднему содержанию [17]. Однако лица, принимающие ре-

шения, склонны в большем объеме добывать ископаемые в начале проекта, завышая темпы по отношению к будущим объемам добычи [30]. Это приводит к тому, что руда более высокого качества вырабатывается в первую очередь (если это возможно технологически). Таким образом, качество руды характеризуется постоянным снижением. Из-за этого денежный поток смещается на более ранние стадии проекта. Это обстоятельство также искажает будущие денежные потоки и может вызвать некорректное распределение ресурсов по шкале времени в процессе стратегирования.

В финансовой литературе описана и другая проблема, связанная с этим методом. Так, проекты в горнодобывающих отраслях характеризуются периодами как с положительными, так и с отрицательными чистыми денежными потоками. Это приводит к искажениям при расчете показателей NPV и IRR в моделях с постоянной RADR [31]. В качестве одного из предложений разрешения этой проблемы предложено «рассматривать большие отрицательные потоки в конце проекта как не операционные, т.е. не связанные с проектом, поэтому имеющие другую природу и другие риски... Но идея рассматривать большие отрицательные потоки как не связанные с проектом, не совсем корректна» [31]. Как уже было отмечено выше, именно такой подход был типичен при оценке проектов в золотодобывающей отрасли на протяжении долгого времени, что и приводило к неполному учету расходов, а следовательно, могло приводить к принятию неверных стратегических решений.

Альтернативные способы расчета финансовых показателей проектов

Некоторыми исследователями предложены альтернативные методы расчетов, например, основанные на структурировании всех издержек предприятия на 5 больших групп [26].

Из табл. 1 видно, что авторами предложено разделить расходы после рекультивации (*Post-Reclamation Care*, PRC) и расходы по долгосрочному управлению (*Long-Term Management*, LTM). Причина этого разделения в том, что хотя обе группы издержек относятся к периоду после закрытия объекта, они могут иметь разные источники финансирования. LTM – это издержки на поддержание некого минимального уровня постоянного наблюдения и обслуживания заградительных барьеров, буферов и т.п. для соответствия формальным требованиям к рекультивации объекта. Эти издержки могут финансироваться за счет нового использования объекта после закры-

тия и смены назначения [26], что может открыть для объекта новые стратегические возможности.

Из рис. 1 видна ярко выраженная периодизация положительных и отрицательных денежных потоков. Хронологически сначала идут периоды с отрицательными денежными потоками, затем периоды с положительными и затем периоды рекультивации, закрытия проекта и его последующего поддержания, т.е. опять с отрицательными денежными потоками. При этом расходы на рекультивацию отнесены на поздние периоды. Все перечисленное в этом абзаце подтверждает доводы, рассмотренные ранее в настоящей работе.

Д. Эспинозой и Х. Рохо также предлагаются альтернативные методы расчета финансовых показателей проектов. Можно выделить метод «разделенной чистой приведенной стоимости» (*Decoupled Net Present Value, DNPV*) [28]). Метод предполагает разделение ставки дисконтирования проекта на две составляющие: компоненту, характеризующую изменение стоимости денег во времени, а также рисковую составляющую. Далее показатель риска учитывается во всех чистых денежных потоках в виде своеобразной «страховой премии» в соответствующем периоде [28].

Таблица 1 / Table1

Структура совокупных издержек золотодобывающего предприятия
Structure of total costs of a gold mining enterprise

Номер группы	Группа издержек	Предмет издержек
1	Первоначальные и повторяющиеся капитальные вложения (CAPEX)	Капитальные объекты, объекты аренды, тяжелое оборудование, водоочистные сооружения, пруды и т.д.
2	Операционные расходы (OPEX)	Работы по вскрыше и добыче руды, переработка руды, управление водными ресурсами, обогащение руды, роялти и т.д.
3	Расходы на рекультивацию (Reclamation Costs)	Проектирование и реализация мероприятий по рекультивации
4	Расходы на обслуживание после рекультивации (Post-Reclamation Care, PRC)	Повторяющиеся и однократные мероприятия
5	Расходы по долгосрочному управлению (Long-Term Management, LTM)	Минимально необходимые расходы для целей поддержания проекта в экологически устойчивом состоянии без активного вмешательства (включенного в другие группировки)

Источник: составлено автором на основе [26]

Source: compiled by the author based on [26]

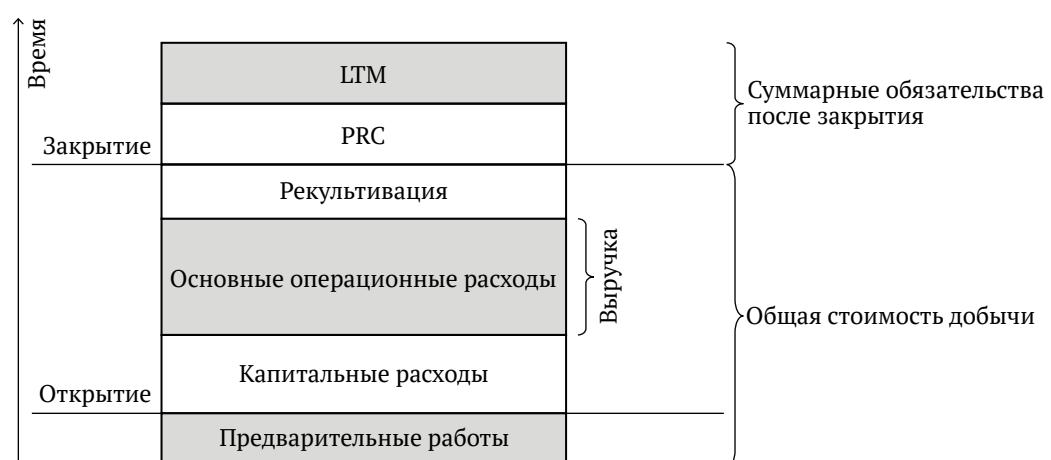


Рис. 1. Изменение структуры издержек золотодобывающего предприятия в зависимости от стадии жизни

Источник: составлено автором на основе [26]

Fig. 1. Changes in the cost structure of a gold mining enterprise depending on the stage of its life

Source: compiled by the author based on [26]

Б. Коксом, С. Иннисом, Дж. Стином и др. предложен новый финансовый показатель, позволяющий адекватно сравнивать стоимость строительства и эксплуатации хвостохранилищ различных предприятий [25]. Этот показатель учитывает обратную сторону долгосрочности проектов в золотодобыче – полную амортизацию хвостохранилищ к моменту закрытия основного производства, что противоречит экономической сущности и искажает экономические показатели. В качестве альтернативы предложено использовать показатель годовых затрат в долларах США на сухую метрическую тонну переработанной руды (USD/DMT (US dollars / dry metric tonne of ore processed, доллары США на метрическую тонну сухой переработанной руды)). Отмечено, что этот показатель уравнивает производителей вне зависимости от влажности хвостов или их расположения; однако показатель применим только для производителей со схожими рудами [25]. Помимо этого, в совокупности с предложенной моделью, показатель позволяет сравнить ранее несопоставимые CAPEX, OPEX и расходы на закрытие при разных применяемых технологиях [17]. Далее Б. Коксом, С. Иннисом, Дж. Стином и др. ставится задача привести стоимость всех аспектов, связанных с хвостохранилищами предприятия и их обслуживанием, к USD/DMT. Авторы применяют функцию Present value (PV) для первоначальных затрат на строительство, а также расходов на закрытие. С помощью функции Payment (PMT) рассчитываются ежегодные капитальные расходы. На основе проведенных расчетов может быть получена полная стоимость строительства и эксплуатации хвостохранилищ, которая затем приводится к виду USD/DMT [25]. Предложенный авторами метод не лишен недостатков и заложенных в него ограничений. К недостаткам можно отнести, что в модели в качестве ставки применяется средний показатель средневзвешенной стоимости капитала в отрасли (*Weighted Average Cost Of Capital, WACC*), публикуемый онлайн и рассчитанный по методологии Дамодарана¹⁷ [25]. Подобно RADR, он включает в себя премию за риск, что, как было показано ранее, приводит к искажениям для поздних денежных потоков. Тем не менее модель лишена проблемы, связанной с разнонаправленностью денежных потоков, а также ее существенным достоинством является более прозрачная классификация издержек и внедрение универсальной размерности относительных показателей (USD/DMT).

¹⁷ Cost of equity and capital (US). January 2025. Available at: https://pages.stern.nyu.edu/%7Eadmodar/New_Home_Page/datafile/wacc.html (accessed on 06.09.2025).

Заключение

Отметим, что внедрение инновационных технологий обезвоживания хвостов, хотя и приводит к росту ОРЕХ и САРЕХ на некоторых стадиях проекта, в целом может способствовать снижению ОРЕХ, связанного с поддержанием хвостохранилища на поздних стадиях жизни проекта. Помимо этого, применение инновационных технологий обезвоживания значительно снижают РРС и ЛТМ, а также имеют, в том числе, положительное влияние на САРЕХ проекта в связи со сравнительно меньшими площадями, занятыми под хвостохранилища. Не менее важно и снижение неопределенности в отношении будущих периодов, т.е. уменьшение факторов риска в отдаленные периоды, и в особенности после закрытия производства. Это положительно влияет на устранение недостатка информации у предприятий в отношении рассмотренных инновационных технологий, что позволяет сформировать соответствующий стратегический инновационный приоритет – обезвоживание хвостов золотодобычи.

Согласно теории и методологии стратегирования, основной целью любой стратегии является повышение качества жизни и благополучие человека. При учете *справедливой цены* водных ресурсов, а также устранении недостатков, имеющихся в моделировании экономических показателей проектов, можно добиться полной согласованности стратегических интересов государств, населения и золотодобывающих предприятий. Устранение недостатка информации в части экономических результатов от внедрения технологий обезвоживания хвостов позволит ускорить переход к инновационным методам в области обращения с отходами золотодобывающих производств. Строительство традиционных водонаполненных хвостохранилищ на новых объектах золотодобычи не должно рассматриваться в качестве варианта при наличии доступных альтернатив, а стратегические приоритеты компаний следует формировать с учетом имеющейся инновационной технологии – обезвоживания хвостов, способствующей повышению общественной эффективности.

Альтернативные методы учета издержек и расчета инвестиционных показателей проекта могут быть использованы для более точной постановки стратегических целей и задач и корректного распределения ресурсов по шкале времени в процессе стратегирования. Результаты настоящей работы также могут быть применимы в практике при принятии решений о выборе наилучшей доступной технологии в обращении с хвостами золотодобычи.

Список литературы / References

1. Phelps E. *Mass flourishing: How Grassroots Innovation Created Jobs, Challenge, and Change*. Princeton: Princeton University Press; 2013. 378 p.
2. Schumpeter J.A. *Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York: McGraw-Hill; 1939. 385 p.
3. Аганбегян А.Г. Перспективы инновационного развития России (Часть I). *Российское конкурентное право и экономика*. 2023;(1):8–21. <https://doi.org/10.47361/2542-0259-2023-1-33-8-21>
Aganbegyan A.G. Prospects for innovative development of Russia (Part I). *Russian competition law and economy*. 2023;(1):8–21. (In Russ.). <https://doi.org/10.47361/2542-0259-2023-1-33-8-21>
4. Стюарт Т.А. *Интеллектуальный капитал. Новый источник богатства организаций*. Пер. с англ. М.: Поколение; 2007. 368 с. (Russ. transl. from: Stewart Th.A. *Intellectual Capital: the New Wealth of Organizations*. New York: Doubleday: Currency; 1997. 278 p.)
5. Квант В.Л., Хворостяная А.С., Сасаев Н.И. Авангардные технологии в процессе стратегирования. *Экономика и управление*. 2020;26(11):1170–1179. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2020-11-1170-1179>
Kvant V.L., Khvorostyanaya A.S., Sasaev N.I. Advanced technologies in strategizing. *Economics and Management*. 2020;26(11):1170–1179. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2020-11-1170-1179>
6. Квант В.Л. *Концепция стратегирования*. Кемерово: КемГУ; 2022. 170 с. <https://doi.org/10.21603/978-5-8353-2562-7>
7. Rötzer N., Schmidt M. Decreasing metal ore grades – Is the fear of resource depletion justified? *Resources*. 2018;7(4):88. <https://doi.org/10.3390/resources7040088>
8. Союз золотопромышленников России. *Обзор золотодобывающей отрасли России по итогам 2019–первого полугодия 2020 года*. Ernst & Young. 58 с.
9. Araya N., Ramirez Y., Cisternas L., Kraslawski A. Use of real options to enhance water-energy nexus in mine tailings management. *Applied Energy*. 2021;303:117626. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117626>
10. Armstrong M., Petter R., Petter C. Why have so many tailings dams failed in recent years? *Resources Policy*. 2019;63(2):101412. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101412>
11. Franks D.M., Stringer M., Cruz L.A.T., Baker E., Valenta R., Thygesen K., Matthews A., Howchin J., Barrie S. Tailings facility disclosures reveal stability risks. *Scientific Reports*. 2021;11(1):1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84897-0>
12. Carneiro A., Fourie A. Assessing the impacts of uncertain future closure costs when evaluating strategies for tailings management. *Journal of Cleaner Production*. 2020;247:119173. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119173>
13. Williams D.J. Chapter VI. The role of technology and innovation in improving tailings management. In: Oberle B., Brereton D., Mihaylova A. (eds.). *Towards Zero Harm: A Compendium of Papers Prepared for the Global Tailings Review*. St Gallen, Switzerland: Global Tailings Review; 2020. P. 64–83. Available at: <https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/09/Ch-VI-The-Role-of-Technology-and-Innovation-in-Improving-Tailings-Management.pdf>
14. Martin T.E., Davies M.P., Rice S., Higgs T., Lightball P.C. *Stewardship of tailings facilities*. Burnaby, B.C. Canada: AMEC Earth & Environmental Limited, Mining, Minerals and Sustainable Development; 2002. April, No. 20.
15. Dixon-Hardy D.W., Engels J.M. Methods for the disposal and storage of mine tailings. *Land Contamination & Reclamation*. 2007;15(3):301–317.
16. Kujawa C. Cycloning of tailing for the production of sand as TSF construction material. In: *Tailings and Mine Waste Conf. 2011*. Vancouver, B.C. University of British Columbia; Norman B. Keevil Institute of Mining Engineering; 2011. 11 p. <https://doi.org/10.14288/1.0107710>
17. Cox B., Innis S., Steen J., Kunz N. The environmental and economic case for valuing water recovery and its relationship with tailings storage conservation. *Minerals Engineering*. 2023;201:108157. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2023.108157>
18. Valdés-Pineda R., Pizarro R., García-Chevesich P., Valdés B.J., Olivares C., Vera M., Balocchi F., Pérez F., Vallejos C., Fuentes R., Abarza A., Helwig B. Water governance in Chile: Availability, management and climate change. *Journal of Hydrology*. 2014;519(Part C):2538–2567. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.04.016>
19. Aitken D., Rivera D., Godoy-Faúndez A., Holzapfel E. Water scarcity and the impact of the mining and agricultural sectors in Chile. *Sustainability*. 2016;8(2):128. <https://doi.org/10.3390/su8020128>
20. Herrera-León S., Cruz C., Kraslawski A., Cisternas L.A. Current situation and major challenges of desalination in Chile. *Desalination and Water Treatment*. 2019;171:93–104. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24863>
21. Campero C., Harris L.M., Kunz N.C. De-politicising seawater desalination: Environmental impact assessments in the Atacama mining region, Chile. *Environmental Science & Policy*. 2021;120:187–194. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.03.004>
22. Zhou Y., Tol R.S.J. Evaluating the costs of desalination and water transport. *Water Resources Research*. 2005;41(3):10. <https://doi.org/10.1029/2004WR003749>

23. Herrera-Leon S., Lucay F.A., Cisternas L.A., Kraslawski A. Applying a multi-objective optimization approach in designing water supply systems for mining industries. The case of Chile. *Journal of Cleaner Production*. 2019;210:994–1004. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.081>
24. Ossa-Moreno J., McIntyre N., Ali S., Smart J.C.R., Rivera D., Lall U., Keir G. The hydro-economics of mining. *Ecological Economics*. 2018;145:368–379. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.010>
25. Cox. B., Innis S., Mortaza A., Kunz N., Steen J. A unified metric for costing of tailings dams and the consequences for tailings management. *Resources Policy*. 2022;78:102862. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102862>
26. Espinoza R.D., Morris J.W.F. Towards sustainable mining (part II): Accounting for mine reclamation and post reclamation care liabilities. *Resources Policy*. 2017;52:29–38. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.01.010>
27. Samis M., Steen J. Financial evaluation of mining innovation pilot projects and the value of information. *Resources Policy*. 2020;69(2):101848. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101848>
28. Espinoza D., Rojo J. *Towards Sustainable Mining (Part I): Valuing Investment Opportunities in the Mining Sector*. Working Paper; 2016. 10 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2467.8000>
29. Дамодаран А. *Инвестиционная оценка: Инструменты и методы оценки любых активов*. Пер. с англ. М.: Альпина Паблишерз; 2010. 1338 с. (Russ. transl. from: Damodaran A. *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset*. New York: Wiley; 2002. 992 p.)
30. Neher P.A. *Natural Resource Economics. Conservation and Exploitation*. New York: Cambridge University Press; 1990. 360 p.
31. Бласет Кастро А.Н., Кулаков Н.Ю. Применение метода RADR для рискованных оттоков денежных средств. *Корпоративные финансы*. 2018;12(4):61–70. <https://doi.org/10.17323/j.jcfr.2073-0438.12.4.2018.61-70>
Blaset Castro A., Kulakov N. An application of the RADR method for risky cash outflows. *Journal of Corporate Finance Research*. 2018;12(4):61–70. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/j.jcfr.2073-0438.12.4.2018.61-70>

Информация об авторе

Артем Константинович Солнцев – эксперт, отдел организационного обеспечения взаимодействия с корпусом экспертов Управления научно-методического руководства и экспертной деятельности, Российская академия наук, 119991, Москва, Ленинский просп., д. 14, Российская Федерация; аспирант, кафедра экономической и финансовой стратегии Московской школы экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 61, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5416-0198>; e-mail: a.k.solntsev@gmail.com

Information about the author

Artem K. Solntsev – Expert, Department of Organizational Support for Interaction with the Corps of Experts of the Office of Scientific and Methodological Guidance and Expert Activities, Russian Academy of Sciences, 14 Leninskiy Ave., Moscow 119991, Russian Federation; Postgraduate Student, Economic and Financial Strategy Department, Moscow School of Economics, Lomonosov Moscow State University, 1-61 Leninskiye Gory, Moscow 119991, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5416-0198>; e-mail: a.k.solntsev@gmail.com

Поступила в редакцию 12.10.2025; поступила после доработки 16.11.2025; принята к публикации 18.11.2025

Received 12.10.2025; Revised 16.11.2025; Accepted 18.11.2025

**Воздействие промышленного освоения северных районов
на водные ресурсы:
модель прогноза на примере Республики Саха (Якутия)**

С.М. Никоноров¹ , А.И. Егорова^{1,2}  , Е.Э. Григорьева² 

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, Российской Федерации

² Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
677018, Якутск, ул. Строителей, д. 8, Российской Федерации

 snp077@yandex.ru

Аннотация. Перед промышленными регионами России поставлена важная стратегическая задача перехода к устойчивому развитию производства со снижением воздействия на окружающую среду, в том числе на водные ресурсы территорий присутствия. Активная фаза промышленного освоения и реализация крупных добывающих проектов на северных территориях оказывают прямое воздействие на использование и загрязнение водных ресурсов. Сегодня существует востребованность в современных инструментах экосистемного менеджмента для оценки и мониторинга индикаторов, характеризующих принципы устойчивого и неистощительного природопользования, особенно в местах повышенного риска – северных территориях ресурсного типа. Цель работы – провести прогнозную оценку воздействия промышленного освоения на водные ресурсы северных территорий с помощью математико-статистических моделей в разрезе муниципальных районов на примере региона ресурсного типа (Республика Саха (Якутия)). При исследовании применены следующие экономико-математические методы: динамика временных рядов, экспертная оценка, сумма мест, рейтинг, моделирование, декаплинг и др. Определены темпы и перспективы промышленного освоения муниципальных районов республики. Построен рейтинг муниципальных районов республики по уровню эколого-экономического воздействия. Получены результаты оценки продуктивности водных ресурсов при создании валового муниципального продукта. Проанализирована динамика состояния водных ресурсов районов. На основе построенных моделей дана прогнозная оценка динамики объемов заборов воды в ТОП-5 добывающих районов республики.

Ключевые слова: водные ресурсы, промышленное освоение, северные территории, Республика Саха (Якутия), моделирование, декаплинг, каплинг

Благодарности: Работа выполнена при поддержке государственного задания Минобрнауки России по проекту FSRG-2023-0025 «Современные методы математического моделирования и их приложения».

Для цитирования: Никоноров С.М., Егорова А.И., Григорьева Е.Э. Воздействие промышленного освоения северных районов на водные ресурсы: модель прогноза на примере Республики Саха (Якутия). Экономика промышленности. 2025;18(4):529–543. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1536>

The impact of industrial development in the Northern regions on water resources: a forecast model based on the example of the Republic of Sakha (Yakutia)

S.M. Nikonorov¹ , A.I. Egorova^{1,2}  , E.E. Grigorieva² 

¹ Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation

² Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov,
8 Stroiteley Str., Yakutsk 677018, Russian Federation

 snp077@yandex.ru

Abstract. The industrial regions of Russia face an important strategic task of transition to sustainable production development with reduced environmental impact, including on the water resources of the territories of presence. The active phase of industrial development and the implementation of large mining projects in the northern territories have a direct impact on the use and pollution of water resources. There is a demand for modern ecosystem management tools to evaluate and monitor indicators that characterize the principles of sustainable use of natural resources, especially in high-risk areas – the northern resource-type territories. The purpose of the work is to assess the impact of industrial development on the water resources of the northern territories using mathematical and statistical models in the context of municipal districts on the example of a resource-type region (the Republic of Sakha (Yakutia)). Some economic and mathematical methods were used in the study: time series dynamics, expert assessment, sum of places, rating, modeling, decoupling, and others. The pace and prospects of industrial development of the republic's municipal districts have been determined. A rating of municipal districts of the republic in terms of environmental and economic impact has been built. The results of assessing the productivity of water resources in the creation of a gross municipal product have been obtained. The dynamics of the state of the water resources of the districts is analyzed. Based on the constructed models, a forecast estimate of the dynamics of water intake volumes in the TOP 5 producing regions of the republic is given.

Keywords: water resources, industrial development, northern territories, Republic of Sakha (Yakutia), modeling, decoupling, coupling

Acknowledgements: The research was supported by a state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the FSRG-2023-0025 project “Modern mathematical modeling methods and their applications”.

For citation: Nikonorov S.M., Egorova A.I., Grigorieva E.E. The impact of industrial development in the Northern regions on water resources: a forecast model based on the example of the Republic of Sakha (Yakutia). *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):529–543. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1536>

北部地区工业开发对水资源的影响： 以萨哈共和国（雅库特）为例的预测模型

S.M. 尼科诺罗夫¹ , A.I. 耶戈罗娃^{1,2}  , E.E. 格里戈里耶娃² 

¹ 莫斯科罗蒙诺索夫国立大学, 119991, 俄罗斯联邦莫斯科列宁山1号

² 阿莫索夫东北联邦大学, 677018, 俄罗斯联邦雅库茨克建设者大街8号

 snp077@yandex.ru

摘要：俄罗斯工业地区面临着一项重要的战略任务，即向可持续生产发展过渡，同时减少对所在地区环境（包括水资源）的影响。北部地区工业开发的活跃阶段以及大型采掘项目的实施，对水资源的利用和污染产生了直接影响。目前需要现代化的生态系统管理工具来评估和监测表征可持续自然资源利用原则的各项指标，尤其是在高风险地区——北部资源丰富的地区。本研究的目的是以资源丰富的萨哈共和国（雅库特）为例，运用数学和统计模型，对北部地区工业

开发对水资源的影响进行预测性评估。研究采用了以下经济数学方法：时间序列动态分析、专家评估、秩和法、评级法、建模、脱钩分析等。研究确定了萨哈共和国各市政区的工业发展速度和前景，并根据生态经济效应程度对各市政区进行了排名。此外，通过对水资源生产力在创造城市生产总值方面的作用进行评估，获得了相关结果。分析了各市政区水资源状况的动态变化。基于构建的模型，对萨哈共和国用水量排名前五的地区进行了用水量动态预测。

关键词：水资源、工业开发、北部地区、萨哈共和国（雅库特）、建模、脱钩分析、耦合

致谢：本研究由俄罗斯联邦教育与科学部国家任务“现代数学建模方法及其应用”（项目编号：FSRG-2023-0025）资助。

Введение

Для северных регионов ресурсного типа производственная подсистема превалирует и отличается своей отраслевой структурой в сторону значительной доли добычи полезных ископаемых в промышленности региона [1; 2]. Сыревая направленность развития отраслей экономики северных регионов ресурсного типа сохраняется и характеризуется высоким потенциалом минерально-сырьевой базы [3; 4]. За последние десять лет зависимость северных ресурсных регионов от добывающей промышленности лишь усилилась, что подтверждается в работах [5–7]. Этот процесс обусловлен прежде всего несовершенной конкуренцией и специфической (зачастую квазирночной) структурой экономического пространства северных территорий [8–10], в том числе за рубежом [11–13]. Экономика ресурсозависимых регионов подвержена влиянию множества сложных и не всегда явных экономических и политических факторов [14–16], что повышает неопределенность их дальнейшего развития и затрудняет прогнозирование.

Промышленное освоение районов республики: темпы и перспективы

Республики Саха (Якутия) (далее – Якутия) играет стратегическую роль в горнодобывающем секторе России, являясь основным поставщиком алмазов, золота, олова и сурьмы в масштабах страны [17]. Основные добывающие районы Якутии с максимальной экономической ценностью расположены на западе и юге республики (рис. 1).

Западная экономическая зона представляет собой динамично развивающийся регион с концентрацией стратегически важных месторождений алмазов, золота, нефти и газа. Активное освоение углеводородных ресурсов сопровождается развитием трубопроводной инфраструктуры («Восточная Сибирь – Тихий океан», «Сила Сибири»).

Южная экономическая зона является традиционным промышленным районом с вековой

историей золотодобычи (Алданский район) и более чем полувековым опытом угледобычи (Нерюнгринский район). Городской округ Якутск (далее – ГО Якутск) выполняет роль экономического центра республики как транспортно-логистический узел, центр обрабатывающих производств и место сосредоточения сервисной экономики. При этом в пригороде ГО Якутск в пгт Кангалассы продолжается добыча угля для обеспечения локальных потребностей.

В стоимостном выражении за 2006–2023 гг. общий объем добычи полезных ископаемых в республике увеличился более чем в 10 раз (рис. 1). Удельный вес добывающей промышленности в валовом муниципальном продукте республики возрос с 46 до 64 % за анализируемый период. Доля ТОП-5 добывающих районов (Мирнинский, Ленский, Нерюнгринский, Алданский, ГО Якутск) возросла с 75 до 89 % от общего объема отгруженной продукции собственного производства в добыче полезных ископаемых республики¹.

Анализ отраслевой структуры по добыче полезных ископаемых в 2023 г. показывает, что лидирующие позиции в Якутии занимают «добыча нефти и природного газа» (44 %), «добыча угля» (16 %), «добыча металлических руд и прочие» (29 %) и «предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых» (11 %)². В результате промышленного освоения за период 2006–2021 гг. в значительных масштабах возрос экспорт республики с 2,2 до 5,6 млрд долл. США (по данным ФТС России). В основном экспортятся минеральные продукты (36 %) и природные алмазы (63 %). Для внутренних потребностей ведется отработка угля, добываются природный газ, нефть, платина, камнецветное сырье, строительные материалы и другие полезные ископаемые.

¹ Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия). База данных показателей муниципальных образований. Дата обращения: <https://14.rosstat.gov.ru/folder/234223> (дата обращения: 20.05.2025).

² Статистический ежегодник Республики Саха (Якутия): Стат. сб. Якутск; 2024. 285 с.

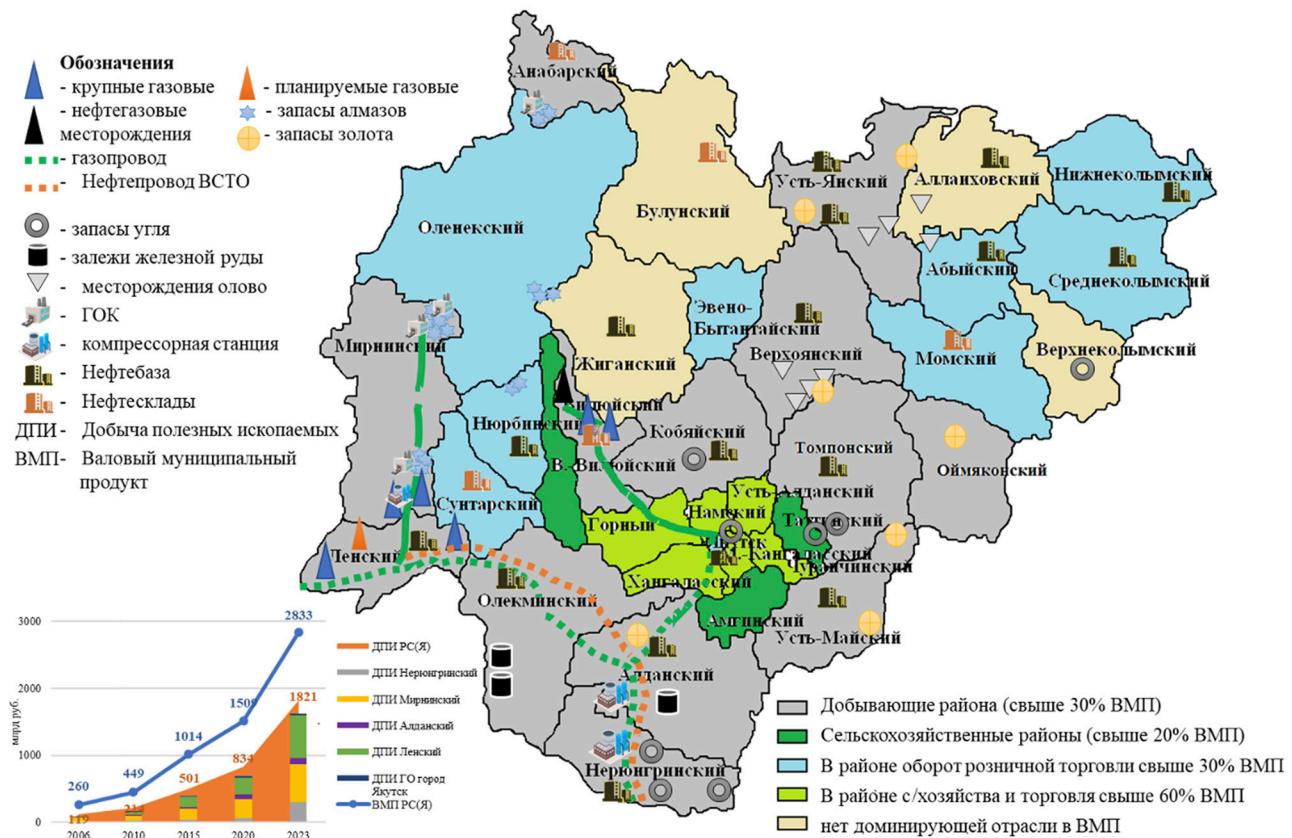


Рис. 1. Влияние добычи полезных ископаемых на экономику районов Якутии

Fig. 1. The impact of mining on the economy of Yakutia's districts

По рейтингу общих запасов всех видов природных ресурсов Якутия занимает первое место в Российской Федерации. Удельный вес запасов полезных ископаемых Якутии в минерально-сырьевом потенциале России на 01.01.2024 составляет, %: по алмазам – 81, золоту – 10, урану – 54, сурьме – 80, железным рудам – 5,5, углю – 5, олову – 36, нефти – 2 и природному газу – 5. Имеются значительные запасы редкоземельных элементов, серебра, ртути, свинца, цинка, вольфрама³.

Перспективы промышленного освоения республики связаны с освоением труднодоступных месторождений полезных ископаемых [18], развитием транспортной инфраструктуры [19], а также реализацией крупных энергетических проектов удаленных районов [20]. Развитие арктических районов происходит в основном за счет освоения месторождений редкоземельных металлов «Томтор», расширения добычи алмазов в Анабарском, Оленекском и Булунском районах.

³ Представительство МИД РФ в Якутске. Режим доступа: <https://yakutsk.mid.ru/ru/international/about-region/> (дата обращения: 15.06.2025).

Планируется развитие добычи золота и олова в Усть-Янском районе, а также серебра в Верхоянском районе. Комплексное развитие планируется по добыче угля в Колымской и Индигирской группах районов.

Таким образом, в Якутии имеются масштабные ресурсы и перспективы промышленного роста добычи полезных ископаемых за счет импульсных проектов [21; 22]. Именно применяемые технологии добычи полезных ископаемых оказывают ключевое влияние на использование водных ресурсов на территориях присутствия.

Динамика состояния водных ресурсов в районах Якутии

Наиболее значимым показателем для анализа сохранности водных ресурсов является показатель забора воды из природных источников. В среднем за год забор воды составляет 217,3 млн м³. При этом объем существенно не менялся с 2010 г., за исключением 2012 г., когда рост составил 15,2 % от уровня 2011 г. Наиболее значимое сокращение забора воды можно отметить в 2017 г. – на 6,3 % ниже уровня предыдуще-

го года⁴. Такое, в среднем, постоянство является негативным моментом с позиции сохранности водных ресурсов.

Рассматривая динамику показателя забора воды из природных источников, целесообразно отметить, что его распределение по муниципальным образованиям крайне неравномерно, но устойчиво во времени (рис. 2). Наибольшие объемы потребления воды в 2010 г. приходились на Нерюнгринский район – 21,3 %, который, в свою очередь, является одним из наиболее промышленно развитых в Якутии и на Дальнем Востоке в целом. Основу экономики Нерюнгринского района составляют отрасли промышленности, специализирующиеся на добыче угля, золота, выработке электроэнергии. Второе место по потреблению воды занимает ГО Якутск, на долю которого приходится 17,1 % общего объема забора воды из природных источников. Третье место по потреблению воды (16,7 %) занимает Мирнинский район, основу экономики которого составляют предприятия акционерной компании «АЛРОСА». В Алданском районе (8,8 %) значительно развита горнодобывающая промышленность: добыча золота, слюды, имеется производство строительных материалов, действуют ремонтно-механические и автотранспортные предприятия, деревообработка, отрасли ювелирной, пищевой промышленности. В Ленском районе (6,0 %) ведущее место в экономике занимает лесная промышленность (лесозаготовки, деревообработка), предприятия по обслуживанию речного и автомобильного транспорта, произ-

водство строительных материалов, пищевая промышленность⁵.

При относительно стабильной структуре забора воды по муниципальным районам можно отметить, что общее потребление неуклонно растет (табл. 1). Несмотря на снижение забора воды в Якутске, Нерюнгринском и Алданском районах, существенный рост в Мирнинском и прочих районах привел к общему росту забора воды по республике на 2,2 млн м³ в 2010–2023 гг.

В то же время в последние несколько лет тенденция к росту или снижению забора воды отсутствует, в связи с чем целесообразно предположить, что в 2025–2026 гг. объем сохранится на уровне 217,3 млн м³ (табл. 2).

В ГО Якутск за период 2010–2023 гг. наметилась тенденция снижения показателя забора воды из природных источников, хотя в последние 4 года эти темпы замедлились. Тем не менее сохранение динамики позволит сократить объем забора воды до уровня 27,3 млн м³ в 2026 г. В Нерюнгринском районе в целом за рассматриваемый период наблюдалось сокращение объема забора воды, однако, начиная с 2019 г., характер динамики изменился объем забора воды начал ежегодно расти. Таким образом, если неблагоприятная динамика (с позиции сохранности водных ресурсов) сохранится в ближайшие три года, то можно сделать предположение, что к 2026 г. забор воды из природных источников в Нерюнгринском районе достигнет 46,7 млн м³. Прогнозные значения по остальным крупнейшим районам забора воды, также основанные на текущей динамике, представлены в табл. 2.

⁴ Федеральная служба государственной статистики. Забор воды из природных водных объектов. Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/34563> (дата обращения: 15.06.2025).

⁵ Экологический паспорт Республики Саха (Якутия). Водные ресурсы. Режим доступа: https://prirodoyakutia.sakha.gov.ru/ep_water/section/1 (дата обращения: 01.02.2025).

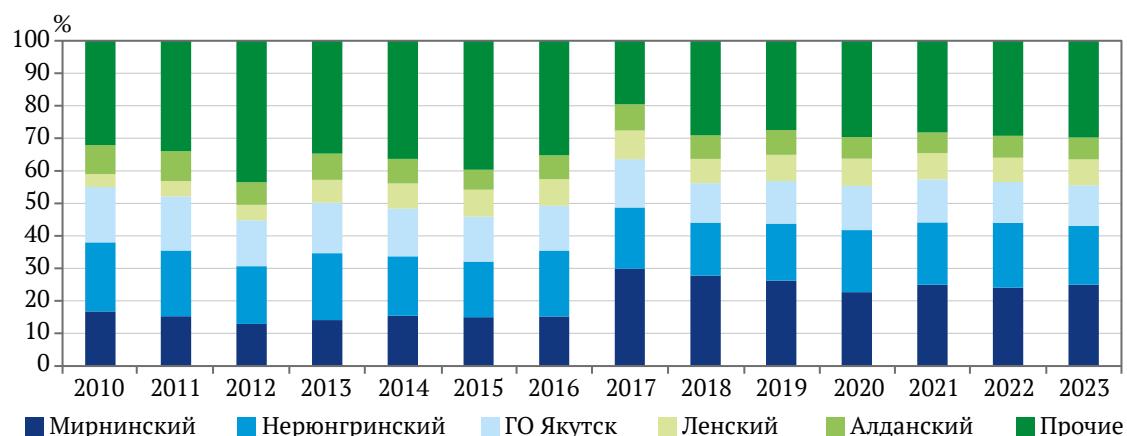


Рис. 2. Распределение забора воды из природных источников по муниципальным образованиям Якутии за период 2010–2023 гг.

Fig. 2. Distribution of water intake from natural sources by municipalities of Yakutia for the period 2010–2023

Рассматривая показатели сохранности водных ресурсов Якутии, крайне важно оценить динамику показателя сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты. Наибольшее значение приходится на 2011 г. – 86,7 млн м³, минимальные объемы сброса загрязненных сточных вод наблюдались в 2017 г. – 48,2 млн м³. Это большие значения как в абсолютном, так и в относительном выражении, поскольку на 100 м³ забора воды в среднем с 2010 г. приходится 34 м³ сброса загрязненных сточных вод (рис. 3). Если же сопоставлять с общим объемом сточных вод, то в среднем половина из них приходится на загрязненные воды.

Неустойчивый характер динамики сброса загрязненных вод связан с колебаниями объе-

мов экономической активности. К примеру, рост сброса загрязненных вод в 2019 г. на 47 % по сравнению с 2018 г. совпал с ростом добычи металлических руд на 32 %, добычи золота – на 24 %, угля – на 10 % за тот же период.

Рассмотрим уровень дифференциации показателя сброса сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты в разрезе муниципальных образований Якутии. Треть муниципальных образований практически не имели загрязненных сбросов сточных вод. При этом в среднем более 80 % общего объема сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты производится на территории всего 5 муниципальных образований (рис. 4).

Таблица 1 / Table 1

Динамика объема забора воды из природных источников по основным муниципальным образованиям Якутии за период 2010–2023 гг.

Dynamics of the volume of water intake from natural sources in the main municipalities of Yakutia for the period 2010–2023

Муниципальный округ	Абсолютный прирост, млн м ³		Темп прироста, %	
	2023 г. по сравнению с 2010 г.	в среднем за год	2023 г. по сравнению с 2010 г.	в среднем за год
Якутия	2,2	0,2	1,0	0,1
ГО Якутск	-9,8	-0,8	-26,3	-2,3
Нерюнгринский	-6,5	-0,5	-14,9	-1,1
Мирнинский	18,6	1,4	50,9	3,2
Алданский	-4,4	-0,3	-22,9	-2,0
Ленский	8,9	0,7	101,5	5,5

Источник: составлено по данным Экологического паспорта Республики Саха (Якутия). Режим доступа: <https://prirodayakutia.sakha.gov.ru/>

Source: compiled according to the Environmental Passport of the Republic of Sakha (Yakutia). Available at: <https://prirodayakutia.sakha.gov.ru/>

Таблица 2 / Table 2

Прогноз динамики объема забора воды из природных источников по основным муниципальным образованиям Якутии на 2025–2026 гг.

Forecast of the dynamics of water intake from natural sources in the main municipalities of Yakutia for 2025–2026

Муниципальный округ	Прогнозная модель	Прогнозные значения показателя, млн м ³	
		2025 г.	2026 г.
Якутия	$\bar{y}_t = \bar{y}$	217,3	217,3
ГО Якутск	$\bar{y}_t = y_t + \bar{\Delta}_{2020–2023 гг.}$	27,4	27,3
Нерюнгринский	$\bar{y}_t = 130,24t^2 - 2369,5t + 49310$	44,7	46,7
Мирнинский	$\bar{y}_t = -29,22t^2 + 2571,3t + 26770$	60,4	62,0
Алданский	$\bar{y}_t = 41,949t^2 - 1004,7t + 20545$	15,2	15,6
Ленский	$\bar{y}_t = y_t + \bar{\Delta}_{2016–2023 гг.}$	17,7	17,7

Перечень районов с крупнейшими объемами сброса сточных загрязненных вод практически не менялся с 2010 г., за исключением Усть-Майского района, доля которого выросла с 3,8 % в 2010 г. до 23,2 % в 2023 г., в том числе за счет деятельности золотодобывающих предприятий. Один только прирост сброса загрязненных вод в этом районе (16,3 млн м³ – **табл. 3**) сопоставим с общим объемом забора воды таких крупных районов, как Алданский или Ленский.

В целом за период с 2010 по 2023 г. объем сточных загрязненных вод снизился на 1,8 млн м³, что является положительной тенденцией в вопросе

сохранности водных ресурсов. Вместе с тем стоит отметить, что характер динамики был крайне неоднороден: за период с 2015 по 2017 г. сокращение объема составило 43,6 %, но, начиная с 2018 г., наблюдается устойчивый рост. При сохранении характера динамики последних лет объем сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты к 2026 г. достигнет 93,7 млн м³ (**табл. 4**). При этом характер динамики Усть-Майского района является крайне неустойчивым (периоды резкого падения сменяются ростом показателей), в результате чего выявление тренда по нему не представляется возможным.



Рис. 3. Динамика сброса сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты Якутии за период 2010–2023 гг.

Fig. 3. Dynamics of wastewater discharge of polluted waters into surface water bodies of Yakutia for the period 2010–2023

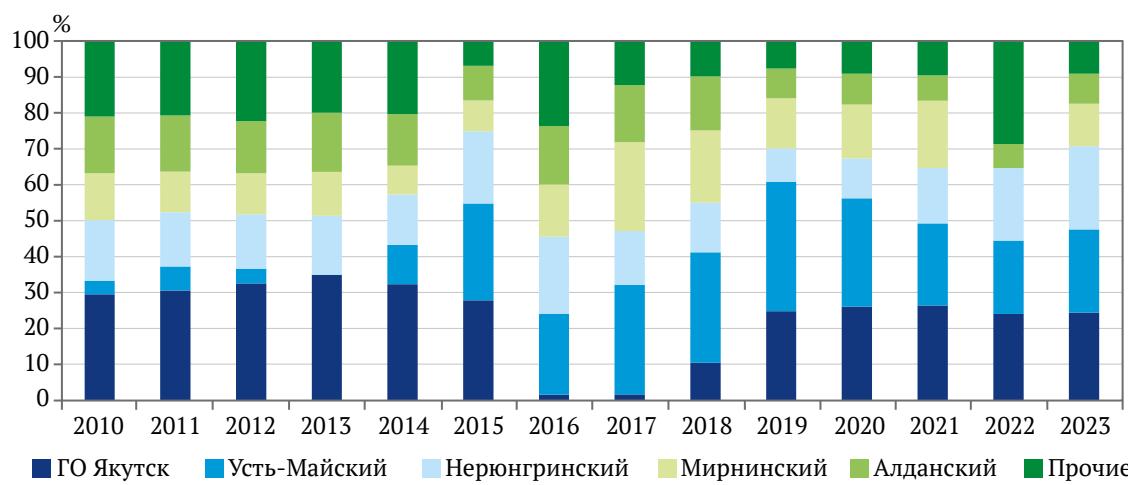


Рис. 4. Распределение сброса сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты в Якутии за период 2010–2023 гг.

Fig. 4. Distribution of wastewater discharge of polluted waters into surface water bodies in Yakutia for the period 2010–2023

Таблица 3 / Table 3

Объем сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты по основным муниципальным образованиям Якутии за период 2010–2023 гг.

Dynamics of the volume of wastewater polluted into surface water bodies in the main municipalities of Yakutia for the period 2010–2023

Муниципальный округ	Абсолютный прирост, млн м ³		Темп прироста, %	
	2023 г. по сравнению с 2010 г.	в среднем за год	2023 г. по сравнению с 2010 г.	в среднем за год
Якутия	-1,8	-0,1	2,1	-0,2
ГО Якутск	-4,8	-0,4	-19,0	-1,6
Нерюнгринский	4,9	0,4	34,1	2,3
Мирнинский	-1,2	-0,1	-10,9	-0,9
Алданский	-6,5	-0,5	-48,2	-4,9
Усть-Майский	16,3	1,3	505,2	14,9

Источник: составлено по данным Экологического паспорта Республики Саха (Якутия). Режим доступа: <https://prirodayakutia.sakha.gov.ru/>

Source: compiled according to the Environmental Passport of the Republic of Sakha (Yakutia). Available at: <https://prirodayakutia.sakha.gov.ru/>

Таблица 4 / Table 4

Прогноз динамики объема сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты по основным муниципальным образованиям Якутии на 2025–2026 гг.

Forecast of the dynamics of the volume of wastewater into surface water bodies in the main municipalities of Yakutia for 2025–2026

Муниципальный округ	Прогнозная модель	Прогнозные значения показателя, млн м ³	
		2025 г.	2026 г.
Якутия	$\bar{y}_t = y_t + \Delta_{2020-2023 \text{ гг.}}$	90,5	93,7
ГО Якутск	$\bar{y}_t = \bar{y}_{2019-2023 \text{ гг.}}$	20,0	20,0
Нерюнгринский	$\bar{y}_t = 2062,3t + 2976,2$	21,5	23,6
Мирнинский	$\bar{y}_t = -307,21t + 12293$	9,5	9,2
Алданский	$\bar{y}_t = 43,56t^2 - 1307,6t + 15678$	5,9	6,0

Рейтинг муниципальных районов по уровню эколого-экономического воздействия

Формирование системы показателей базируется на решении проблем точности, объективности, достоверности и доступности данных.

Информационная база построения интегрального показателя включает следующие показатели, характеризующие основные факторы воздействия на водные ресурсы (табл. 5):

– показатель водопотребления, представляющий собой соотношение величины объема потребления водных ресурсов и валовый региональный продукт (ВРП);

– показатель эффективности использования затрат на водоохранные мероприятия;

– показатель загрязнения – доля неочищенных сточных вод от общего объема сточных вод;

– показатель доступности водных ресурсов – отношение объема забранной воды к численности населения;

– показатель эффективности использования воды – отношение объема оборотной и повторно используемой воды к забору воды;

– коэффициент технических потерь воды;

– показатель качества воды.

Для агрегации этих показателей будет использован метод суммы мест:

$$\text{ИП}_{\text{вод}} = \sum a_i \cdot R_{ij},$$

где ИП_{вод} – это интегральный показатель воздействия на водные ресурсы; a_i – весовой коэффициент i -го показателя; R_{ij} – ранговое значение i -го показателя у j -го региона.

Таблица 5 / Table 5

Веса интегрального показателя воздействия на водные ресурсы, полученные методом экспертных оценок

Weights of the integral indicator of the impact on water resources obtained by the method of expert assessment

Показатель	Значение веса
Водопотребление	0,123
Объем оборотной и повторно используемой воды в общем объеме забора воды	0,139
Доступность воды для населения	0,120
Доля неочищенных сточных вод от общего объема сточных вод	0,172
Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух	0,133
Технические потери воды	0,148
Эффективность затрат на водоохраные мероприятия	0,164

Таким образом, в общем виде интегральный показатель воздействия на водные ресурсы может быть представлен следующим образом:

$$\text{ИП}_{\text{вод}} = 0,172 R_{\text{нс}} + 0,164 R_{\text{зз}} + 0,148 R_{\text{пп}} + 0,139 R_{\text{об}} + 0,133 R_{\text{зв}} + 0,123 R_{\text{вп}} + 0,120 R_{\text{дв}},$$

где $R_{\text{нс}}$ – ранг показателя доли неочищенных сточных вод от общего объема сточных вод; $R_{\text{зз}}$ – ранг показателя эффективности затрат на водоохраные мероприятия; $R_{\text{пп}}$ – ранг показателя технических потерь воды; $R_{\text{об}}$ – ранг показателя объема оборотной и повторно используемой воды в общем объеме забора воды; $R_{\text{зв}}$ – ранг показателя объема выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух; $R_{\text{вп}}$ – ранг показателя водопотребления; $R_{\text{дв}}$ – ранг показателя доступности воды для населения.

Полученные значения интегрального показателя воздействия на водные ресурсы за период с 2010 по 2023 г. (табл. 6), позволили определить, что в 11 муниципальных районах наблюдается существенный рост значений. Так, в Верхоянском, Нижнеколымском, Оймяконском районе увеличение значений интегрального показателя составило более 30 %, что указывает на существенное снижение воздействия на водные ресурсы.

Таблица 6 / Table 6

Значения интегрального показателя воздействия на водные ресурсы муниципальных районов Якутии за 2010–2023 гг.

The values of the integral indicator of the impact on the water resources of Yakutia's municipalities for 2010–2023

Муниципальные районы	Значения интегрального показателя воздействия на водные ресурсы				Динамика изменения значений показателя в 2023 г. по сравнению с 2010 г., %
	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2023 г.	
Верхнеколымский	8,5	9,2	9,8	9,6	13,2
Булунский	7,9	8,0	8,7	9,5	20,5
Жиганский	8,1	8,0	7,0	8,1	-0,7
Верхоянский	6,2	7,0	7,1	8,1	30,7
Анабарский	6,3	5,5	6,1	8,1	28,9
Амгинский	7,7	7,6	7,8	8,0	3,7
Верхневилюйский	8,6	9,4	8,0	7,6	-11,9
Абыйский	6,8	6,6	6,7	7,0	1,8
Горный	6,0	5,5	5,9	6,7	11,9
Аллаиховский	5,9	5,3	6,0	6,3	6,6
Кобяйский	7,7	7,5	6,2	6,2	-19,4
Алданский	7,2	6,6	5,7	5,9	-18,6
Намский	6,3	5,0	4,9	5,7	-9,5
Нерюнгринский	6,0	6,0	6,7	5,4	-9,5
Нюрбинский	4,9	1,9	4,5	5,4	10,3
Среднеколымский	5,6	5,6	5,4	5,0	-12,0
ГО Якутск	4,5	4,9	4,9	4,9	8,8

Окончание табл. 6 / End of Table 6

Муниципальные районы	Значения интегрального показателя воздействия на водные ресурсы				Динамика изменения значений показателя в 2023 г. по сравнению с 2010 г., %
	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2023 г.	
Мирнинский	4,7	4,6	6,0	4,4	-6,4
Ленский	4,5	4,1	4,6	4,4	-1,7
Хангаласский	3,3	2,7	4,1	3,8	16
Нижнеколымский	2,8	6,8	3,1	3,7	34,5
Сунтарский	3,8	4,3	3,3	3,7	-3,0
Таттинский	4,2	4,0	3,8	3,5	-16,3
Усть-Янский	2,8	2,5	3,0	3,4	24
Оймяконский	2,3	2,7	2,9	3,2	38,2
Оленекский	3,1	3,6	2,9	2,9	-6,9
Томпонский	2,7	2,7	3,3	2,7	1,1
Момский	2,9	2,0	1,6	2,6	-11,2
Эвено-Бытантайский	2,8	2,5	2,4	2,5	-9,5
Вилюйский	3,9	3,6	2,7	2,5	-34,4
Усть-Майский	4,0	3,4	2,6	2,3	-41,1
Мегино-Кангаласский	3,7	4,2	2,0	2,3	-37,7
Чурапчинский	2,0	1,5	2,8	2,3	13,2
Усть-Алданский	1,7	2,7	2,1	2,1	19,4
Олекминский	2,9	2,6	1,9	2,0	-30,9

Примечание: муниципальные районы расположены сверху вниз от наибольшего к наименьшему значению в рейтинге за 2023 год. Цветовое выделение так же соответствует значениям рейтинга от наибольшего (темный) к наименьшему (светлый).

Вместе с тем в 10 муниципальных районах напротив сформировалась негативная динамика снижения значений показателя и, как следствие, рост воздействия на водные ресурсы. В Вилюйском, Олекминском и Усть-Майском районе значения интегрального показателя сократились более чем на 30 %.

Однако более важной задачей является оценка продуктивности водных ресурсов при создании валового муниципального продукта. Для решения данной задачи рассчитан эколого-экономический интегральный показатель. В международной практике особое внимание уделяется оценке продуктивности природных ресурсов на основе показателя продуктивности водных ресурсов

$$РП_v = \frac{ВМП}{V_z},$$

где ВМП – валовый муниципальный продукт; V_z – объем забора воды из природных водных объектов.

В основу построения эколого-экономического интегрального показателя положена следующая система показателей:

1) показатели продуктивности водных ресурсов;

2) декаплинг⁶ экономического эффекта;

3) эколого-экономический декаплинг затрат на водоохранные мероприятия.

Трансформация значений исходных показателей будет осуществлена на основе методологического подхода шкалирования качественных показателей декаплинга (табл. 7, 8).

Для построения интегрального показателя экономического эффекта от водных ресурсов использован метод трансформированных значений системы показателей на основе средней гармонической

$$ИП_{99} = \prod x_{ij},$$

где $ИП_{99}$ – эколого-экономический интегральный показатель; x_{ij} – значение i -го показателя у j -региона.

Фактически при расчете интегрального показателя осуществлена его корректировка по показателям декаплинга, включенным в модель.

⁶ В аспекте водных ресурсов декаплинг означает разрыв связи между ростом давления на водные ресурсы и экономическими показателями. Каплинг означает взаимосвязь между давлением на водные ресурсы и экономическими показателями.

При построении интегрального показателя частные индикаторы не будут взвешиваться, что обусловлено теоретическими основами построения базовых показателей.

Таким образом, интегральный показатель экономического эффекта воздействия на водные ресурсы имеет следующий вид:

$$ИП_{\text{зз}} = \mathcal{E}_{\text{вп}} \cdot D_{\text{экон}} \cdot D_{\text{эколог}},$$

где $ИП_{\text{зз}}$ – интегральный показатель эколого-экономического эффекта; $\mathcal{E}_{\text{вп}}$ – показатель продуктивности водных ресурсов; $D_{\text{экон}}$ – шкалированное значение коэффициентов декаплинга экономического эффекта; $D_{\text{эколог}}$ – шкалированное значение коэффициентов эколого-экономического декаплинга затрат на водоохраные мероприятия.

Фактически при расчете интегрального показателя осуществляется корректировка показателя продуктивности водных ресурсов по показателям декаплинга, включенными в модель. При построении интегрального показателя частные индикаторы не взвешиваются, что обусловлено теоретическими основами построения базовых показателей.

По значениям интегрального показателя построен эколого-экономический рейтинг муниципальных районов Якутии (табл. 9).

Таблица 7 / Table 7

Классификация значений коэффициентов

декаплинга экономического эффекта

Classification of values of economic effect

decoupling coefficients

Вид декаплинга	Значение шкалы
Сильный экономический	4
Экономический	3
Экономический каплинг	2
Отсутствие эффекта декаплинга и каплинга	1

Таблица 8 / Table 8

Классификация значений коэффициентов

эколого-экономического декаплинга затрат

на водоохраные мероприятия

Classification of the coefficients of ecological and economic decoupling of costs for water protection measures

Вид декаплинга	Значение шкалы
Сильный	5
Умеренный	4
Рецессивный	3
Затратный каплинг	2
Отсутствие эффекта декаплинга и каплинга	1

Таблица 9 / Table 9

Результаты рейтингования муниципальных районов Якутии за 2011–2023 гг. по уровню эколого-экономического интегрального показателя

The results of the rating of municipalities of Yakutia for 2011, 2023 by the level of the ecologically economic integral indicator

Муниципальные районы	Значения эколого-экономического интегрального показателя				Динамика изменения значений показателя в 2023 г. по сравнению с 2011 г., %
	2011 г.	2015 г.	2020 г.	2023 г.	
Чурапчинский	81666,8	51779,4	50384,3	74390,5	-8,9
Томпонский	2882,3	2241,0	2670,7	70677,5	2352,1
Эвено-Бытантайский	27970,3	46021,6	63101,0	63871,9	128,4
Горный	9174,2	37674,7	51780,0	51226,1	458,4
Ленский	7973,3	9817,6	17750,4	41160,1	416,2
Вилюйский	18336,9	13625,3	26467,7	34825,5	89,9
Таттинский	16884,5	24447,4	36898,9	31322,2	85,5
Усть-Янский	298,5	1094,6	11921,9	29835,9	9896,1
Амгинский	10919,0	14825,3	20021,5	29341,7	168,7
Олекминский	3318,7	8147,2	39244,5	28500,3	758,8
Намский	10460,3	17678,9	25199,3	27514,7	163
Булунский	789,0	9319,6	4382,0	23223,1	2843,3
Усть-Майский	275,7	455,4	3807,0	20929,1	7491,4
Верхнеколымский	793,9	2214,5	2297,5	18524,8	2233,3
ГО Якутск	4073,5	9471,5	12305,0	16379,7	302,1

Окончание табл. 9 / End of Table 9

Муниципальные районы	Значения эколого-экономического интегрального показателя				Динамика изменения значений показателя в 2023 г. по сравнению с 2011 г., %
	2011 г.	2015 г.	2020 г.	2023 г.	
Кобяйский	2341,1	4367,5	13494,6	14141,1	504
Алданский	954,6	8897,6	23080,6	12156,6	1173,5
Момский	4531,3	6703,7	58587,3	11893,7	162,5
Мирнинский	9784,2	25244,7	7448,9	11764,2	20,2
Среднеколымский	4648,7	31013,8	54592,9	11318,3	143,5
Нерюнгринский	6230,7	8702,7	3240,7	11036,5	77,1
Сунтарский	45518,9	3214,9	9965,8	10931,5	-76,0
Оймяконский	1968,5	3081,5	4892,2	10371,1	426,8
Хангаласский	2783,3	4058,2	19440,9	7662,3	175,3
Нюрбинский	11926,3	10755,4	13503,0	7534,4	-36,8
Аллаиховский	1366,5	2769,5	3826,0	5131,4	275,5
Усть-Алданский	2134,6	2267,3	5489,1	4391,8	105,7
Нижнеколымский	1023,8	2351,3	13371,2	3815,2	272,6
Жиганский	1743,9	8073,0	11873,3	3535,6	102,7
Верхоянский	494,3	5093,0	1943,2	2643,0	434,7
Верхневилюйский	2294,5	3976,0	1899,7	2288,0	-0,3
Оленекский	10434,0	6480,2	4091,5	2056,1	-80,3
Анабарский	19788,7	6656,1	4517,8	1972,7	-90,0
Абыйский	451,0	888,2	5114,0	1578,5	250

Примечание: муниципальные районы расположены сверху вниз от наибольшего к наименьшему значению в рейтинге за 2023 год. Цветовое выделение так же соответствует значениям рейтинга от наибольшего (темный) к наименьшему (светлый).

Сравнение полученных результатов рейтингования муниципальных районов за 2011 и 2023 гг. показывает, что уровень эколого-экономического воздействия на водные ресурсы в муниципальных образованиях Якутии достаточно неустойчив. Так, стабильно низкий уровень воздействия наблюдается в Чурапчинском и Эвено-Бытантайском районах. В то же время в большинстве остальных районов фиксировались сильные колебания значений. К примеру, Анабарский район в 2011 г. занимал 4-е место в рейтинге, а в 2023 г. переместился на предпоследнее место.

Заключение

Проведенное исследование подчеркивает острую необходимость в разработке и внедрении современных инструментов экосистемного менеджмента для устойчивого управления водными ресурсами на северных территориях России, в частности, в Якутии. Результаты анализа показали, что активное промышленное освоение в этих регионах приводит к росту воздействия на

водные ресурсы, что требует внимательного мониторинга и оценки последних с использованием математико-статистических моделей.

Построенный рейтинг муниципальных районов по уровню эколого-экономического эффекта иллюстрирует, что низкие позиции в нем занимают, как правило, те районы, в которых ведется наиболее высокая экономическая активность. Это означает, что, несмотря на наличие современных технологий по снижению экологического ущерба, динамика промышленного производства до сих пор напрямую коррелирует с динамикой экологического загрязнения.

Эти результаты подтверждают, что необходимо ввести комплексный мониторинг эколого-экономических показателей, а также разработать стратегические инициативы, направленные на стабилизацию районов с высоким воздействием на водные ресурсы. Разработанная методология оценки эколого-экономического воздействия может быть использована государственными органами или бизнес-структурами для мониторинга состояния водных ресурсов.

Список литературы / References

- Лаженцев В.Н. Перемены в минерально-сырьевой экономике Севера России. *Проблемы прогнозирования*. 2024;(1):208–216. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-202-208-216>
Lazhentsev V.N. Changes in the mineral resources economy of the Russian North. *Studies on Russian Economic Development*. 2024;35(1):144–149. <https://doi.org/10.1134/S1075700724010088>
- Слепцова М.И. Роль углеводородов в Якутии. В: Сб. трудов III Всеросс. конф., посвященной 25-летию Института проблем нефти и газа СО РАН «Физико-технические проблемы добычи, транспорта и переработки органического сырья в условиях холодного климата». Якутск, 10–13 сентября 2024 г. Кирова: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании; 2024. С. 103–107.
- Крюков Я.В. Направления трансформации ресурсного сектора Республики Саха (Якутия) в новейших условиях. *Экономика и природопользование на Севере*. 2023;(2):7–16. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2023.77.53.001>
Kryukov Ya.V. Directions of transformation of the resource sector of the Republic of Sakha (Yakutia) in the latest conditions. *Economy and Nature Management in the North*. 2023;(2):7–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.25587/SVFU.2023.77.53.001>
- Никифорова В.В. Оценка потенциала устойчивого развития добывающей промышленности северных регионов ресурсного типа. *Арктика XXI век. Гуманитарные науки*. 2022;(4):57–76. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2022.35.20.005>
Nikiforova V.V. Assessment of the potential for sustainable development of the extractive industry of the northern resource-type regions. *Arctic XXI Century*. 2022;(4):57–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.25587/SVFU.2022.35.20.005>
- Батутина Н.С., Барашкова А.С., Гуляев П.В., Григорьева Е.Э., Делахова А.М., Егоров Н.Е., Егорова Т.П., Ковров Г.С., Кондратьева В.И., Константинов Н.Н., Крюков Я.В., Никифорова В.В., Тарасова-Сивцева О.М., Яценко В.А. Устойчивость пространственной организации социально-экономических систем северных регионов ресурсного типа. Под общ. ред. В.В. Никифоровой. Якутск: Издательский дом СВФУ; 2022. 298 с.
- Бурцева Е.И., Слепцов А.Н., Бысина А.Н. Промышленное освоение территорий Арктической зоны Якутии и этнологическая экспертиза инвестиционных проектов. *Арктика и Север*. 2023;(51):52–72. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2023.51.52>
Burtseva E.I., Sleptsov A.N., Bysina A.N. Industrial development of the territories of the Arctic zone of Yakutia and ethnological expertise of investment projects. *Arctic and North*. 2023;(51):52–72. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2023.51.52>
- Присяжный М.Ю. Территориальный анализ промышленного освоения Якутии. *Экономика региона*. 2011;(3):241.
Prysyazhny M.Y. Regional analysis of the industrial development of Yakutia. *Ekonomika regiona = Economy of Regions*. 2011;(3):241. (In Russ.)
- Гончаров М.С., Савон Д.Ю., Сафонов А.Е., Ряднов В.И. Угольная промышленность районов Крайнего Севера: специфические особенности, текущее положение и концепция развития. *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2023;26(1(79)):95–107. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.1.2023.79.006>
Goncharov M.S., Savon D.Yu., Safronov A.E., Ryadnov V.I. The coal industry in the far north: specific features, current situation, and development concept. *Sever i rynok: formirovaniye ekonomicheskogo poryadka*. 2023;26(1(79)):95–107. (In Russ.). <https://doi.org/10.37614/2220-802X.1.2023.79.006>
- Красноштанова Н.Е. Особенности административного управления в районах нового промышленного освоения Севера: проблемы и преимущества социально-экономического развития. *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2022;25(2(76)):82–96. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2022.76.007>
Krasnoshtanova N.E. Features of administrative management in areas of new industrial development in the North: Problems and advantages of socioeconomic development. *Sever i rynok: formirovaniye ekonomicheskogo poryadka*. 2022;(2):82–96. (In Russ.) <https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2022.76.007>
- Файков Д.Ю., Файкова Е.Д. Особенности социально-экономического развития территорий в зоне Северного морского пути в логике реализуемых инвестиционных и инфраструктурных проектов. *Экономика, предпринимательство и право*. 2021;11(4):875–894. <https://doi.org/10.18334/epp.11.4.111916>
Faykov D.Yu., Faykova E.D. Particularities of socio-economic development of territories in the Northern sea route zone in the logic of implemented investment and infrastructure projects. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*. 2021;11(4):875–894. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/epp.11.4.111916>
- Armstrong T., Rogers G., Rowley G. *The Circumpolar North: a Political and Economic Geography of the Arctic and Sub-Arctic*. Routledge; 2023. 326 p.
- Hall R. Indigenous/state relations and the “Making” of surplus populations in the mixed economy of Northern Canada. *Geoforum*. 2021;126(1):461–470. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.01.013>
- Kingsbury D., Wilkinson A. ‘We are a mining region’: lithium frontiers and extractivism in Abitibi-Témiscamingue, Canada. *The Extractive Industries and Society*. 2023;15(21):101330. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101330>

14. Антонова Н.Е., Ломакина Н.В., Файман А.Д. *Природно-ресурсный сектор Дальнего Востока России: «проклятие» или локомотив развития?* Под ред. Н.В. Гальцевой. Хабаровск: Институт экономических исследований Дальневосточного отделения РАН; 2022. 336 с.
15. Крюков В.А., Крюков Я.В. Подходы к освоению минерально-сырьевых ресурсов Сибири и Дальнего Востока в контексте современных геополитических процессов. *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление.* 2023;(2):44–51. Режим доступа: https://www.lawtek.ru/analytics/2329/podkhody_k_osvoyeniyu_mineralno_syryevykh_resursov_sibiri_i_dalnego_vostoka_v_kontekste Sovremennykh_geopoliticheskikh_protsessov
Kryukov V.A., Kryukov Ya.V. Approaches to the development of mineral resources in Siberia and the Far East in the context of modern geopolitical processes. *Mineral'nye resursy Rossii. Ehkonomika i upravlenie.* 2023;(2):44–51. (In Russ.). Available at: https://www.lawtek.ru/analytics/2329/podkhody_k_osvoyeniyu_mineralno_syryevykh_resursov_sibiri_i_dalnego_vostoka_v_kontekste Sovremennykh_geopoliticheskikh_protsessov
16. Садыков Д.Р. Типология институциональных факторов, оказывающих влияние на развитие экономики северных регионов. *Московский экономический журнал.* 2024;9(5):705–725. https://doi.org/10.55186/2413046X_2024_9_5_276
Sadykov D.R. Typology of institutional factors influencing the development of the economy of the Northern regions. *Moscow Economic Journal.* 2024;9(5):705–725. (In Russ.). https://doi.org/10.55186/2413046X_2024_9_5_276
17. Калашников В.В., Ковалёв Л.Н. Геологические работы в Республике Саха (Якутия) за 100 лет. *Руды и металлы.* 2022;(2):6–24. <https://doi.org/10.47765/0869-5997-2022-10007>
Kalashnikov V.V., Kovalev L.N. Geological work in the Republic of Sakha (Yakutia) over 100 years. *Rudy i metally = Ores and Metals.* 2022;(2):6–24. (In Russ.). <https://doi.org/10.47765/0869-5997-2022-10007>
18. Батугина Н. С., Хоютанов Е.А. Обоснование подхода к освоению месторождений угля в труднодоступных районах Арктической зоны Якутии. *Горная промышленность.* 2025;(1):148–153. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1-148-153>
Batuagina N.S., Khojutanov E.A. Justification of an approach to coal mining in hard-to-reach areas of the Arctic zone of Yakutia. *Russian Mining Industry.* 2025;(1):148–153. (In Russ.). <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1-148-153>
19. Гладкевич Г.И., Сулейменов Р.К. Оптимизация транспортного освоения территории Республики Саха (Якутия). *Вестник Московского университета. Серия 5. География.* 2021;(2):67–81. Gladkevich G.I., Suleimenov R.K. Optimization of transport development of the Republic of Sakha (Yakutia) territory. *Lomonosov Geography Journal.* 2021;(2):67–81. (In Russ.)
20. Волотковская Н.С., Семёнов А.С., Бебихов Ю.В., Шевчук В.А., Федоров О.В. Перспективы развития энергетического комплекса Северо-Востока России. *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики.* 2021;23(3):58–69. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2021-23-3-58-69>
Volotkovskaya N.S., Semenov A.S., Bebihov Y.V., Shevchuk V.A., Fedorov O.V. Prospects for the development of the energy complex of the North-East of Russia. *Power Engineering: Research, Equipment, Technology.* 2021;23(3):58–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2021-23-3-58-69>
21. Константинов Н.Н. Прогноз и перспективы развития добычи полезных ископаемых западной экономической зоны Республики Саха (Якутия). *Экономика: вчера, сегодня, завтра.* 2021;11(11-1):369–377. Режим доступа: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2021-11/40-konstantinov.pdf> (дата обращения: 15.06.2025)
Konstantinov N.N. Forecast and Prospects for the development of mineral resources in the Western economic zone of the Republic of Sakha (Yakutia). *Ehkonomika: vchera, segodnya, zavtra.* 2021;11(11-1):369–377. (In Russ.). Available from: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2021-11/40-konstantinov.pdf> (accessed on 15.06.2025)
22. Крюков В.А., Крюков Я.В. Неоиндустриализация – к «новой геометрии» экономических пространственных взаимодействий. *Пространственная экономика.* 2024;20(3):7–38. <https://doi.org/10.14530/se.2024.3.007-038>
Kryukov V.A., Kryukov Y.V. Neo-industrialization – towards a ‘New Geometry’ of economic spatial interactions. *Spatial Economics.* 2024;20(3):7–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.14530/se.2024.3.007-038>

Информацию об авторах

Сергей Михайлович Никоноров – д-р экон. наук, профессор, экономический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 46, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8205-2140>; e-mail: nico.73@mail.ru

Information about the authors

Sergey M. Nikonorov – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, 1-46 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8205-2140>; e-mail: nico.73@mail.ru

Ангелина Игоревна Егорова – старший научный сотрудник, экономический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 46, Российская Федерация; Институт региональной экономики Севера, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, 677018, Якутск, ул. Строителей, д. 8, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7675-4680>; e-mail:.snp077@yandex.ru

Елена Эдуардовна Григорьева – канд. экон. наук, ведущий научный сотрудник, Институт региональной экономики Севера, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, 677018, Якутск, ул. Строителей, д. 8, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9801-7238>; e-mail: elena.grigoreva80@mail.ru

Angelina I. Egorova – Senior Researcher, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, 1/46 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation; Institute of Regional Economics, North of the Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, 8 Stroiteley Str., Yakutsk 677018, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7675-4680>; e-mail:.snp077@yandex.ru

Elena E. Grigorieva – PhD (Econ.), Leading Researcher, Institute of Regional Economics, North of the Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, 8 Stroiteley Str., Yakutsk 677018, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9801-7238>; e-mail: elena.grigoreva80@mail.ru

Поступила в редакцию **05.08.2025**; поступила после доработки **30.11.2025**; принята к публикации **04.12.2025**

Received **05.08.2025**; Revised **30.11.2025**; Accepted **04.12.2025**

Анализ и прогнозирование валовой добавленной стоимости промышленности на примере Нижегородской области

М.Ю. Малкина  , О.В. Капитанова  , А.В. Семенов 

Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского,
603140, Нижний Новгород, просп. Ленина, д. 27, Российской Федерации

 mturi@yandex.ru

Аннотация. В условиях влияния глобальных шоков и макроэкономической нестабильности необходима разработка более совершенных подходов к прогнозированию валового регионального продукта (ВРП) и его составляющих как на страновом, так и на региональном уровне. Прогнозирование ВРП предполагает отбор и обоснование ключевых факторов, определяющих его динамику. В рамках исследования формирование валовой добавленной стоимости (ВДС) промышленности анализировалось на примере достаточно развитого российского промышленного региона – Нижегородской области. С этой целью была построена двухуровневая эконометрическая модель ВДС промышленности Нижегородской области, которая показала, что на стоимость оказывают статистически значимое влияние такие факторы, как среднедушевые денежные доходы населения и среднегодовой официальный курс доллара. Установлено, что динамика среднедушевых доходов населения в свою очередь зависит от средней цены нефти марки Urals, безвозмездных поступлений в консолидированный бюджет области и среднегодовой численности занятых. Выбор факторов обусловлен статистической процедурой, которая позволяет выявить взаимосвязи на основе коинтеграции временных рядов. На основе построенной двухуровневой модели для ВДС промышленности области и моделей для экзогенных факторов сформированы прогнозы всех задействованных показателей на период до 2026 г. Результаты исследования могут быть полезны региональным органам власти при формировании сценариев развития промышленности, определении эффективности управляющих факторов, что позволит принимать обоснованные управленческие решения в области промышленной политики и стратегического планирования.

Ключевые слова: региональная экономика, промышленность, валовая добавленная стоимость, регрессионный анализ, прогнозирование, причинность по Грейнджеру, коинтеграция, среднедушевые денежные доходы населения, Нижегородская область

Благодарности. Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Нижегородского государственного университета имени Н.И. Лобачевского, тема № Н-473-99_2025-2027 «Разработка цифрового двойника экономики региона. Управление социально-экономическим развитием региона с использованием модели цифрового двойника».

Для цитирования: Малкина М.Ю., Капитанова О.В., Семенов А.В. Анализ и прогнозирование валовой добавленной стоимости промышленности (на примере Нижегородской области). Экономика промышленности. 2025;18(4):544–558. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1493>

Analysis and forecasting of gross industrial value added on the example of the Nizhny Novgorod region

M.Yu. Malkina  , O.V. Kapitanova  , A.B. Semenov 

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,
27 Lenin Ave., Nizhny Novgorod 603140, Russian Federation

 mturi@yandex.ru

Abstract. Under the influence of global shocks and macroeconomic instability it is essential to develop more advanced approaches to forecasting the gross regional product (GRP) and its components both at the country and region levels. Forecasting of GRP involves selection and

justification of the key factors determining its dynamics. In the study, the formation of gross value added (GVA) of the industry was analyzed on the example of a fairly developed Russian industrial region – the Nizhny Novgorod region. To this end, the authors built a two-level GVA econometric model of industry of the Nizhny Novgorod region, which showed that the value is statistically significantly affected by such factors as the average per capita monetary income of the population and the average annual official dollar exchange rate. It has been stated that the dynamics of the average per capita monetary income of the population, in its turn, depend on the average price of Urals crude oil, gratuitous receipts to the consolidated budget of the region and the average annual number of employed people. The choice of factors is determined by the statistical procedure that allows revealing the relationships using time series cointegration. On the basis of the created two-level model for the GVA of the industry of the region and the models for exogenous factors, the authors make forecasts for all the involved indicators for the period up to 2026. The results of the study can be useful for the regional authorities in creating scenarios of development of the industry and determining the effectiveness of the control factors, which will make it possible to make sound management decisions in industrial policy and strategic planning.

Keywords: regional economics, industry, gross value added, regression analysis, forecasting, Granger causality, cointegration, population per capita monetary incomes, Nizhny Novgorod region

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the implementation of the Strategic Academic Leadership Program "Priority 2030" of National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (topic No. H-473-99_2025-2027 "Development of a digital twin of the regional economy. Management of the socio-economic development of the region using the digital twin model").

For citation: Malkina M.Yu., Kapitanova O.V., Semenov A.B. Analysis and forecasting of gross industrial value added on the example of the Nizhny Novgorod region. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):544–558. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1493>

工业总增加值分析与预测——以下诺夫哥罗德州为例

M.Yu. 马尔金娜  , O.V. 卡皮塔诺娃  , A.V. 塞梅诺夫 

下诺夫哥罗德国立大学, 603140, 俄罗斯联邦下诺夫哥罗德列宁大街27号
 mmuri@yandex.ru

摘要：面对全球冲击和宏观经济不稳定，有必要开发更完善的方法来预测地区生产总值 (Regional GDP) 及其构成要素。地区生产总值预测需要选择并论证决定其动态变化的关键因素。本研究以俄罗斯工业较为发达的地区——下诺夫哥罗德州为例，分析了工业总增加值 (GVA) 的形成。为此，我们构建了下诺夫哥罗德州工业总增加值 (GVA) 的双重计量经济学模型。模型表明，人均货币收入和年均官方美元汇率等因素对增加值具有显著的统计学意义的影响。研究发现，人均货币收入的动态变化又取决于乌拉尔原油的平均价格、地区综合预算收入以及年度平均就业人数。因素的选择基于一种统计程序，该程序能够通过时间序列的协整关系识别变量之间的联系。基于构建的该地区工业总增加值双重模型和外生因素模型，我们对所有相关指标进行了预测，预测期至2026年。研究结果可为地方政府制定工业发展规划和评估管理因素的有效性提供参考，从而有助于在工业政策和战略规划领域做出科学的管理决策。

关键词：区域经济、工业、总增加值、回归分析、预测、格兰杰因果关系、协整、人均货币收入、下诺夫哥罗德州

致谢：本研究是下诺夫哥罗德大学战略学术领导力项目“2030优先事项”的一部分，项目编号为H-473-99_2025-2027，课题为“区域经济数字孪生的构建：利用数字孪生模型管理区域社会经济发展”。

Введение

Promyshlennost' yavlyayetsya odnoy iz klyuchevykh otраслей russkoy ekonomiki. Na chetyre vida ekonomicheskoy deyatel'nosti, kotoryye ona obyedinyayet soglasno OKVED-2 (razdel V «Dobyacha polzeynykh iskopayemykh», razdel C «Obrabatyvayu-

shiye proizvodstva», razdel D «Obespechenie elektricheskoy energiyey, gazom i parom; konditsionirovaniye vozduha» i razdel E «Vodosnabzheniye; vodootvedeniye, organizatsiya sabora i utilizatsiya otkhodov, deyatel'nost' po likvidatsii zagryaznenii»), v 2023 g. priходilos' 32,7 % vsej sonda-

ваемой валовой добавленной стоимости (ВДС) в стране¹.

Именно промышленность отвечает за производство широкого спектра товаров и услуг, торгуемых на внутренних и мировых рынках; формирует основу для функционирования других отраслей экономики; является главным источником налоговых поступлений в бюджеты различных уровней и способствует созданию большей части рабочих мест.

Промышленные предприятия часто выступают драйверами инноваций и новых технологий, создающих мультиплексионные эффекты в экономике, способствующих развитию других отраслей экономики и повышению конкурентоспособности страны. Функционирование промышленных предприятий требует развитой транспортной, энергетической и социальной инфраструктуры. Поэтому отрасль промышленности, несомненно, играет ведущую роль в развитии российской экономики.

Нижегородская область как объект исследования является одним из достаточно развитых промышленных регионов России. Область не обладает большими запасами стратегически важных природных ресурсов, которые могли бы стать основой развития добывающей отрасли. Между тем, по уровню развития обрабатывающей промышленности она занимает ведущие позиции среди российских регионов. Доля промышленности в ВДС региона в 2023 г. составляла 27,7 %, что несколько ниже среднероссийского уровня. Однако при этом 88,9 % всей ВДС промышленности Нижегородской области создавалось обрабатывающими отраслями (раздел С), на долю добычи (раздел В) приходилось лишь 0,4 %, а инфраструктурных отраслей (разделы Д и Е) – 10,7 %². В стране в целом соответствующее соотношение было, %: 48,7 (С); 42,7 (В) и 8,6 (Д + Е)³.

В 2023 г. Нижегородская область заняла девятое место среди субъектов РФ по объемам отгруженной обрабатывающими производствами продукции⁴. В настоящее время на долю региона приходится 3/4 производства всех российских

¹ Рассчитано на основе: Росстат. Официальный сайт. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> (дата обращения: 08.08.2025).

² Росстат. Официальный сайт. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> (дата обращения: 08.08.2025).

³ Там же.

⁴ Правительство Нижегородской области. 2024. Режим доступа: <https://nobl.ru/novosti-nizhegorodskoj-oblasti-zavse-vremya/nizhegorodskaya-oblaster-voshla-v-top10-regionov-ri-po-obemam-otgruzhennoy-obrabatyvayushchimi-proizvo> (дата обращения: 08.08.2025).

автобусов, более 40 % производства грузовых автомобилей и около 20 % стальных труб. Промышленный комплекс Нижегородской области производит 1/3 валового регионального продукта (ВРП), поддерживает 1/4 всех рабочих мест и обеспечивает 1/3 платежей в региональный бюджет.⁵ Такой эффект обеспечивается исторически сложившейся мощной промышленной базой и усиливается большим научно-техническим потенциалом, что подтверждается четвертым местом в рейтинге регионов Российской Федерации по научно-технологическому развитию⁶. Кроме того, Министерство промышленности и торговли Российской Федерации в 2023 г. включило Нижегородскую область в топ-20 регионов с наиболее эффективной реализацией промышленной политики⁷. В работе [1] описано состояние промышленной сферы Нижегородской области с классификацией и распределением интегральной оценки промышленной сферы региона по группам, характеризующим возможности развития производства.

Санкционный кризис оказал значительное влияние на промышленность региона. Необходимость поставок оборудования и расходных материалов для выполнения государственных заказов создает как новые возможности, так и различные риски для развития промышленности, описанные в работе [2]. Обрабатывающая промышленность достаточно успешно справляется с новыми вызовами в тех регионах, где сконцентрированы предприятия военно-промышленного комплекса (ВПК) [3], в том числе и в Нижегородской области. В 2023 г. росту промышленного производства в российских регионах способствовал как ранее достигнутый уровень развития обрабатывающих производств, так и увеличение бюджетных расходов на поддержку национальной экономики [4].

Целью настоящей научной работы является анализ и прогнозирование ВДС промышленности крупного промышленного региона на примере Нижегородской области. Для достижения этой цели сформулированы и решены следующие **задачи**: идентификация факторов, которые с точки зрения экономической теории могут вли-

⁵ Министерство промышленности, торговли и предпринимательства Нижегородской области. Режим доступа: <https://minprom.nobl.ru/activity/1746/> (дата обращения: 08.08.2025).

⁶ Стратегия развития Нижегородской области. 2023. Режим доступа: <https://strategy.nobl.ru/stati/nauka-i-innovacii/chem-proslavilas-nizhegorodskaya-nauka-etoj-osenyu/> (дата обращения: 08.08.2025).

⁷ Репин А. Нижегородская область вошла в топ-20 наиболее эффективных промышленных регионов Коммерсантъ. Приволжье. 2023. 10.07.2023. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/6096122> (дата обращения: 08.08.2025).

ять на ВДС промышленности; сбор и обработка соответствующих статистических данных; анализ возможных факторов развития промышленности и их детерминант; создание комплекса структурированных эконометрических моделей, объясняющих поведение ВДС промышленности региона; построение прогнозов для отобранных факторов и объемов ВДС промышленности Нижегородской области на период до 2026 г.

Обзор литературы

Различные отрасли промышленности вносят определенный вклад в валовый внутренний продукт (ВВП) России, и их развитие, безусловно, оказывает влияние на темпы роста российской экономики и ее устойчивое развитие. В работе [5] подчеркивается, что, несмотря на кризисные явления и санкционное давление, в структуре ВДС российской экономики лидирующими отраслями остаются обрабатывающие производства, добывающая промышленность, оптовая и розничная торговля. В работе [6] показано, что ключевыми факторами, определяющими ВРП, являются инвестиции и ВДС добывающей промышленности. В работе [7] на основе построения модели авторегрессии с распределенным лагом (ARDL) доказано существенное и значимое влияние на ВРП Архангельской области объемов производства в горнодобывающей и обрабатывающей отраслях промышленности, а также в строительстве. Однако важным ограничением эконометрических моделей является невозможность полного учета всех компонентов роста. В работе [8] на примере Курской области авторами выделены два фактора, которые определяют темпы роста ВРП: производительность труда и уровень занятости, причем вклад последнего фактора в ВРП региона начиная с 2007 г. является отрицательным. Авторы особо отмечают, что демографические проблемы региона и снижение количества людей трудоспособного возраста будут только усугублять ситуацию на рынке труда в ближайшие 5–10 лет.

Выявление факторов, оказывающих значимое влияние на ВДС отраслей как на общероссийском, так и на региональном уровне, является важной задачей эконометрического моделирования и прогнозирования. Например, в работе [9] с помощью регрессионного анализа установлены следующие значимые детерминанты роста обрабатывающей промышленности в России: добыча полезных ископаемых, сальтированный финансовый результат деятельности организаций, численность рабочей силы и количество организаций, задействованных в научных исследованиях и разработках. В работе [10] проведенный регресси-

онный анализ показал, что факторами, определяющими ВДС промышленности Центрального федерального округа без учета Москвы и Московской области, являются основные фонды и занятость населения региона. В работе [11] в качестве детерминант ВДС промышленности также рассматриваются основные фонды и трудовые ресурсы отдельных отраслей промышленности.

Моделирование и прогнозирование производства в экономике в целом и ее отраслях осуществляется с применением различных методов. Например, в работе [12] использовались тесты Грейндера на причинность для установления связи между инвестициями в основной капитал и ВДС в РФ. В результате их применения выявлена двусторонняя причинно-следственная связь между анализируемыми показателями. Также в этом исследовании для прогнозирования ВДС применялась модель авторегрессии – проинтервированного скользящего среднего с учетом сезонности. В статье [13] в основу моделирования экономики Алтайского края была положена производственная функция Кобба–Дугласа, а результаты исследования показали, что ВДС в большей степени зависит от затрат капитала, инвестиций и средних доходов населения, чем от затрат труда.

Построенные эконометрические модели применяются для разработки прогнозов основных социально-экономических показателей и формирования различных сценариев развития регионов. Также они способствуют принятию взвешенных управлеченческих решений и совершенствованию программ развития регионов. В работе [14] дается обзор моделей, которые могут применяться для прогнозирования ВРП как на региональном, так и на федеральном уровне. В работе [15] представлено прогнозирование ВДС промышленности на основе линейных и полиномиальных трендов с учетом сезонности.

В зарубежной научной литературе также встречаются работы, изучающие влияние факторов на ВДС. Например, в исследовании [16] моделируется добавленная стоимость промышленности Китая на основе множественной регрессии и показано ее преимущество перед авторегрессионными интегрированными скользящими средними (ARIMA) моделями при прогнозировании временных рядов. Другое исследование [17] фокусируется на построении модели авторегрессии распределенного лага для суммарной и отраслевых ВДС немецкого региона Саксония на основе набора международных, национальных и региональных показателей. В работе [18] изучается ВДС промышленности высокотехнологичных отраслей стран ЕС, оценивается вклад инвестиций

и численности занятых. Для анализа используются панельные данные, а оценивание моделей осуществляется с использованием обобщенного метода моментов. В работе [19] изучается взаимосвязь между ВДС отрасли/сектора и конечным потреблением в матричном виде, что позволяет лучше понять отраслевую структуру ВВП и правильно использовать ее для достижения целей устойчивого развития, сформулированных ООН.

Таким образом, несмотря на относительно высокую степень разработанности вопроса моделирования ВДС и ее факторов, несомненный интерес представляет развитие методов моделирования и прогнозирования объемов промышленного производства отдельных регионов страны в целях определения наиболее значимых факторов их развития.

Необходимо отметить, что в соответствии с государственной программой Нижегородской области «Развитие промышленности и инноваций Нижегородской области» предусмотрено обеспечение устойчивого и эффективного развития промышленного комплекса области⁸. Это определяет актуальность выявления детерминант роста объемов промышленного производства Нижегородской области и построение модели, позволяющей прогнозировать будущие изменения ВДС промышленности при возможных колебаниях экономической конъюнктуры, появлении новых геополитических рисков и изменении уровня поддержки промышленности со стороны государства.

Данные и методы

Для проведения исследования были собраны данные официальной статистики за 2004–2022 гг., предоставляемые в годовом выражении следующими органами:

- Федеральной службой государственной статистики⁹;
- территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Нижегородской области¹⁰;

⁸ Государственная программа Нижегородской области «Развитие промышленности и инноваций Нижегородской области» (в ред. постановления Правительства Нижегородской области от 06.02.2025 № 76). Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=152069660&rdk=43&backlink=1> (дата обращения: 08.08.2025).

⁹ Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Режим доступа: <https://gks.ru> (дата обращения: 08.08.2025).

¹⁰ Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Нижегородской области. Режим доступа: <https://52.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 08.08.2025).

- Банком России¹¹;
- Казначейством России¹²;
- Министерством финансов Нижегородской области¹³.

Первоначальный отбор факторов осуществлялся на основе базовых концепций экономической теории, а также с учетом доступности соответствующих данных на региональном уровне. В результате были отобраны факторы предложения, спроса, макроэкономических условий, фискальной и денежно-кредитной политики. Для анализа временных рядов ВДС промышленности и ее факторов использовались соответствующие статистические и эконометрические методы. Окончательный отбор влияющих факторов проводился двумя способами.

Первый способ предполагал выявление причинности с помощью теста Грейндженера. Согласно этому тесту, если изменения во временном ряду X предшествуют изменениям во временном ряду Y , то ряд X возможно влияет на Y , т.е. является для него причиной по Грейндженеру. Этот способ подтверждения взаимосвязи между временными рядами также применялся в ряде экономических исследований [20; 21].

Второй способ основан на концепции коинтеграции временных рядов, которая предполагает, что между тенденциями временных рядов существует долгосрочная взаимосвязь, причем она может быть как односторонней, так и противоположной направленности. Коинтеграция дает ответ на вопрос о существовании взаимосвязи между нестационарными временными рядами в тех случаях, когда корреляционная зависимость может быть ложной, основанной лишь на случайном совпадении тенденций. Для тестирования на коинтеграцию пар векторов X и Y применялся тест Энгла–Грейндженера. Детальный обзор этой концепции и соответствующего теста изложен в работе [22]. Исследования с применением теста Энгла–Грейндженера также достаточно широко представлены в литературе [23; 24].

Кроме линейной спецификации, в работе протестирована степенная спецификация регрессионной модели, которая в своей основе имеет традиционную форму, предложенную Ч. Коббом

¹¹ Центральный банк Российской Федерации. Режим доступа: <https://cbr.ru/> (дата обращения: 08.08.2025).

¹² Казначейство России. Режим доступа: <https://roskazna.gov.ru/ispolnenie-byudzhetov/konsolidirovannye-byudzhetы-subektov/> (дата обращения: 08.08.2025).

¹³ Министерство финансов Нижегородской области. Режим доступа: <https://mf.nobl.ru/> (дата обращения: 08.08.2025).

и П. Дугласом для производственной функции, выражающей зависимость выпуска от факторов производства [25]. Путем логарифмирования она преобразована в линейный вид:

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \cdots + \beta_j \ln X_j + \cdots + \beta_m \ln X_m + \varepsilon,$$

где Y – валовая добавленная стоимость промышленности; X_j – объясняющие переменные; β_j – коэффициенты модели; $j = 1, m$; m – количество переменных, включенных в модель; ε – случайные остатки.

Для отобранных факторов проведен сравнительный анализ, разработанные модели проанализированы с точки зрения качества, адекватности и соблюдения предпосылок теоремы Гаусса–Маркова. В результате выбрана наиболее подходящая модель. Факторы, входящие в нее, подробно изучены с позиции возможной экзогенности.

На следующем этапе с использованием тех же методов проведен отбор возможных объясняющих детерминант для эндогенных факторов первого уровня, в результате чего построены регрессионные модели второго уровня.

Заключительный этап моделирования включал построение прогнозов экзогенных переменных – на основе выбора среди линейных, степенных трендов и моделей авторегрессии-и-пронтегрированного скользящего среднего, и эндогенных переменных – на основе ранее построенных регрессионных моделей.

Для моделирования использовались Microsoft Excel и язык программирования Python.

Результаты моделирования валовой добавленной стоимости промышленности Нижегородской области

При анализе факторов, предположительно влияющих на ВДС промышленности (Y) в текущих основных ценах, млн руб., рассмотрены 50 переменных, описывающих как общую экономическую ситуацию в стране в целом и в регионе, так и отдельные показатели по четырем видам экономической деятельности, относящиеся к промышленности. Из них путем проверки на причинность по Грейндже и тестирования на коинтеграцию было отобрано 12 переменных. Результаты отбора факторов приведены в **табл. 1**. Отметим, что процедуры отбора не гарантируют, что все эти переменные в реальности оказывают влияние на зависимую переменную, однако позволяют существенно снизить количество ложных взаимосвязей, по сравнению с корреляционным анализом. Также требуется дальнейший анализ для определения тех факторов, которые

обеспечат построение наиболее качественной регрессионной модели.

По результатам регрессионного анализа указанных переменных и исключения незначимых переменных разработано две модели: модель 1 построена на основе факторов, являющихся причинами по Грейндже, а модель 2 – на основе коинтегрирующих факторов (**табл. 2**).

Сравнительный анализ моделей, представленных в табл. 2, показывает, что наилучшей, с точки зрения выполнения предпосылок теоремы Гаусса–Маркова, является модель 2. В этой модели динамика ВДС промышленности определяется среднедушевыми денежными доходами населения и среднегодовым официальным курсом доллара США к российскому рублю. Рост доходов населения приводит к увеличению потребительского спроса населения, в том числе на продукцию промышленного производства, что, в свою очередь, стимулирует развитие промышленности. Что касается курса доллара, его влияние объясняется тем фактом, что многие промышленные производства используют импортные комплектующие и оборудование, цены на которые зависят от курса иностранной валюты.

Следующим этапом исследования является анализ факторов, которые влияют на эти показатели. Отметим, что курс доллара объясняется слишком многими факторами, не зависящими от социально-экономической ситуации в Нижегородской области, поэтому он рассматривался как экзогенный и прогнозировался с помощью тренда. А вот среднедушевые денежные доходы населения (X_1) могут определяться какими-либо внутренними факторами. Всего было протестировано 39 факторов, предположительно определяющих X_1 , из которых отобрано 16. В **табл. 3** представлены отобранные факторы, которые могут быть использованы для построения регрессионной модели.

По результатам отбора переменных построены и проанализированы регрессионные модели, из которых были исключены незначимые переменные. В **табл. 4** представлены две итоговые модели: модель 3 построена на основе факторов, являющихся причинами по Грейндже, а модель 4 – на основе коинтегрирующих факторов.

По результатам эконометрического анализа и проведенных тестов выбрана модель 4. Согласно этой модели, среднедушевые денежные доходы населения зависят от средней цены нефти марки Urals, безвозмездных поступлений в консолидированный бюджет Нижегородской области и среднегодовой численности занятых.

Таблица 1 / Table 1

Факторы, влияющие на ВДС промышленности, отобранные по результатам тестирования

Factors affecting the industrial GVA

Переменная	Расшифровка	Тест на причинность по Грейндже	Тест Энгла-Грейндже на коинтеграцию
X_1	Среднедушевые денежные доходы населения, руб. в месяц		V
X_2	Среднемесячная номинальная начисленная заработка работников организаций, руб.		V
X_3	Индекс цен производителей промышленных товаров, декабрь к декабрю предыдущего года, %	V	
X_4	Среднегодовая численность занятых в промышленности, чел.		V
X_5	Финансовые вложения по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» с лагом в один год, млн руб.	V	
X_6	Краткосрочные финансовые вложения по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» с лагом в один год, млн руб.	V	
X_7	Стоимость основных фондов в промышленности на начало года*, млн руб.	V	
X_8	Объем кредитов, выданных кредитными организациями юридическим лицам-резидентам и индивидуальным предпринимателям с лагом в один год, руб.	V	V
X_9	Среднегодовой официальный курс доллара США по отношению к рублю, руб/долл.		V
X_{10}	Среднегодовая численность занятых на обрабатывающих производствах, чел.		V
X_{11}	Стоимость основных фондов по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» на начало года, млн руб.	V	
X_{12}	Стоимость основных фондов на 1 занятого, тыс. руб. на чел.	V	V

Примечание. V означает выполнение теста. * Здесь и далее использовался показатель полной учетной стоимости основных фондов.

Таблица 2 / Table 2

Регрессионные модели для анализа ВДС промышленности (Y)

Regression models for industrial GVA (Y)

Параметр	Модель 1	Модель 2
Среднедушевые денежные доходы населения (X_1)		0,80 (0,02*)
Финансовые вложения по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» с лагом в один год (X_5)	-0,19 (0,08**)	
Стоимость основных фондов в промышленности (X_7)	1,12 (0,08*)	
Среднегодовой официальный курс доллара США по отношению к рублю (X_9)		0,24 (0,06*)
Коэффициент детерминации	0,995	0,997
F-статистика	1427	2509
Критерий Харке-Бера (JB)	0,8	2,3
Критерий Дарбина-Уотсона (DW)	1,2	1,5
Автокорреляция в остатках (тест Брайша–Годфри)	да	нет
Гетероскедастичность (тест Голдфелда–Куандта)	нет	нет
Мультиколлинеарность	да	да

Примечание. В скобках приведены стандартные ошибки коэффициентов модели: * означает значимость на уровне 1%, ** – на уровне 5 %.

Таблица 3 / Table 3

Факторы, влияющие на среднедушевые денежные доходы населения

Factors affecting the per capita monetary income of the population

Переменная	Расшифровка	Тест на причинность по Грейнджеру	Тест Энгла-Грейнджера на коинтеграцию
X_{13}	Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций, руб.	V	
X_{14}	Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами в промышленности, млн руб.	V	
X_{15}	Финансовые вложения с лагом в один год, млн руб.	V	
X_{16}	Стоимость основных фондов в экономике на начало года, млн руб.		V
X_8	Объем кредитов, выданных кредитными организациями юридическим лицам-резидентам и индивидуальным предпринимателям с лагом в один год, руб.	V	
X_{17}	Среднегодовая ключевая ставка Банка России, %	V	
X_{18}	Расходы консолидированного бюджета субъекта федерации на национальную экономику, млн руб.	V	
X_{19}	Безвозмездные поступления в консолидированный бюджет субъекта федерации, млн руб.	V	V
X_{20}	Дотации из федерального бюджета в консолидированный бюджет субъекта федерации, млн руб.		V
X_{21}	Межбюджетные субсидии в консолидированный бюджет субъекта федерации, млн руб.	V	
X_{22}	Численность населения, тыс. чел.	V	
X_{23}	Естественный прирост (убыль) населения, тыс. чел.	V	
X_{24}	Среднегодовая численность занятых в экономике, тыс. чел.		V
X_{25}	Численность пенсионеров, тыс. чел.	V	
X_{26}	Доля неработающего населения	V	
X_{27}	Средняя цена нефти марки Urals, руб. за баррель	V	V

Примечание. V означает выполнение теста.

Таблица 4 / Table 4

Регрессионные модели для среднедушевых денежных доходов населения (X_1)Regression models for per capita monetary incomes of the population (X_1)

Параметр	Модель 3	Модель 4
Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций (X_{13})	1,31 (0,03*)	
Численность населения (X_{22})	6,41 (0,79*)	
Средняя цена нефти марки Urals (X_{27})		0,53 (0,14*)
Безвозмездные поступления в консолидированный бюджет субъекта федерации, млн руб. (X_{19})		0,19 (0,06*)
Среднегодовая численность занятых в экономике (X_{24})		-8,73 (1,27*)
Коэффициент детерминации R^2	1	0,99
F-статистика	1956	815
Критерий Харке-Бера (JB)	1,5	0,9
Критерий Дарбина-Уотсона (DW)	1,5	0,9
Автокорреляция в остатках (тест Брайша-Годфри)	Нет	Нет
Гетероскедастичность (тест Голдфелда-Куандта)	Да	Нет
Мультиколлинеарность	Да	Да

Примечание. В скобках приведены стандартные ошибки коэффициентов модели. * – значимость на уровне 1 %, ** – значимость на уровне 5 %.

Отрицательный коэффициент при численности занятых в экономике объясняется разнонаправленными тенденциями рассматриваемых показателей в Нижегородской области в исследуемом периоде: при снижении численности занятых среднедушевые доходы в регионе росли, при прочих равных условиях. Такая связь, в частности, может объясняться растущим дефицитом рабочей силы, который приводил к повышению ее цены и увеличению доходов от оплаты труда. Цена нефти марки Urals во многом определяет доходы федерального бюджета, которые затем распределяются среди регионов, увеличивая финансовые возможности региональных бюджетов, улучшая финансирование как национальной экономики, так и социальной сферы, что сказывается на доходах населения. Безвозмездные поступления в консолидированный бюджет Нижегородской области включают дотации, субсидии, субвенции и иные межбюджетные трансферты, предоставляемые федеральным центром регионам для финансирования социальной сферы, здравоохранения, образования, дорожного строительства и прочих инфраструктурных проектов. Увеличение объема безвозмездных поступлений положительно отражается на экономическом положении региона, способствуя созданию новых рабочих мест, поддерживая занятость и выплату социальных пособий и заработные платы работникам бюджетной сферы, что способствует росту доходов жителей региона.

Результаты прогнозирования ВДС промышленности Нижегородской области

Прогнозирование ВДС промышленности на период до 2026 г. осуществлялось на основе раз-

работанных моделей и прогнозирования экзогенных факторов в них.

Прогнозировались следующие факторы:

1. Среднегодовой официальный курс доллара США к российскому рублю в 1999–2026 гг. (X_9). Этот показатель демонстрирует смену тенденции в 2015 г., поэтому для прогнозирования использовались только данные начиная с 2015 г. Лучшей спецификацией прогнозной модели, согласно информационным критериям Акаики, Ханнана–Куинна и Шварца, оказался линейный временной тренд, для которого также определен 95%-й доверительный интервал (рис. 1).

2. Средняя цена нефти марки Urals, руб. за баррель в 2000–2026 гг. (X_{27}). Для расчета прогноза по этому показателю также был отобран линейный тренд. На рис. 2 представлены фактические и прогнозные значения средней цены нефти марки Urals, а также 95%-й доверительный интервал.

3. Безвозмездные поступления в консолидированный бюджет Нижегородской области в 2002–2026 гг., млрд руб. (X_{19}). Для построения прогноза использовался линейный тренд, а остатки смоделированы с помощью ARIMA-модели порядка (0,1,0). На рис. 3 представлены фактические и прогнозные значения безвозмездных поступлений в консолидированный бюджет Нижегородской области, а также 95%-й доверительный интервал.

4. Среднегодовая численность занятых в 2002–2026 гг., тыс. чел. (X_{24}). Для построения прогноза этого показателя применен степенной тренд, а остатки смоделированы с помощью ARIMA-модели порядка (1,0,0). На рис. 4 представлены фактические и прогнозные значения среднегодовой численности занятых, а также 95%-й доверительный интервал.

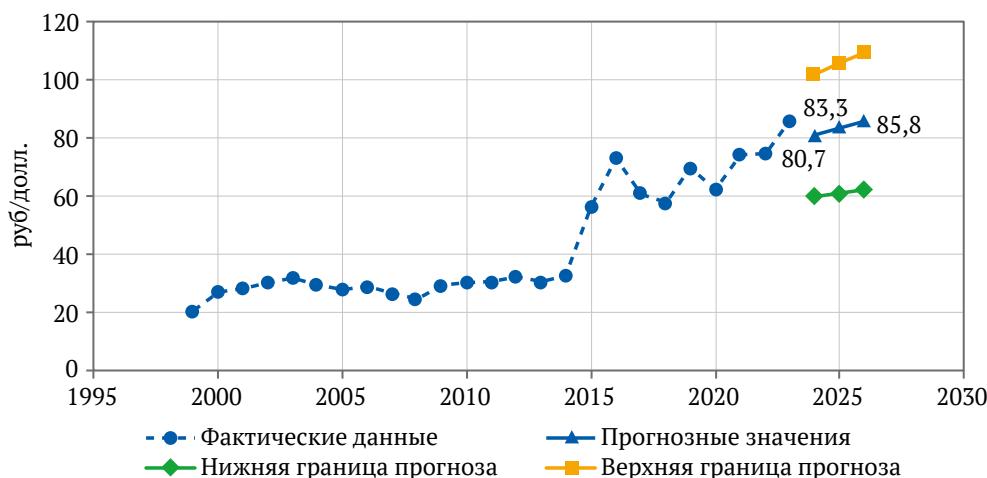


Рис. 1. Среднегодовой официальный курс доллара США к российскому рублю, руб./долл.

Fig. 1. The average annual official exchange rate of the US dollar against the Russian ruble (rub./\$)



Рис. 2. Средняя цена нефти марки Urals, руб. за баррель

Fig. 2. Average price of Urals crude oil (rub. per barrel)

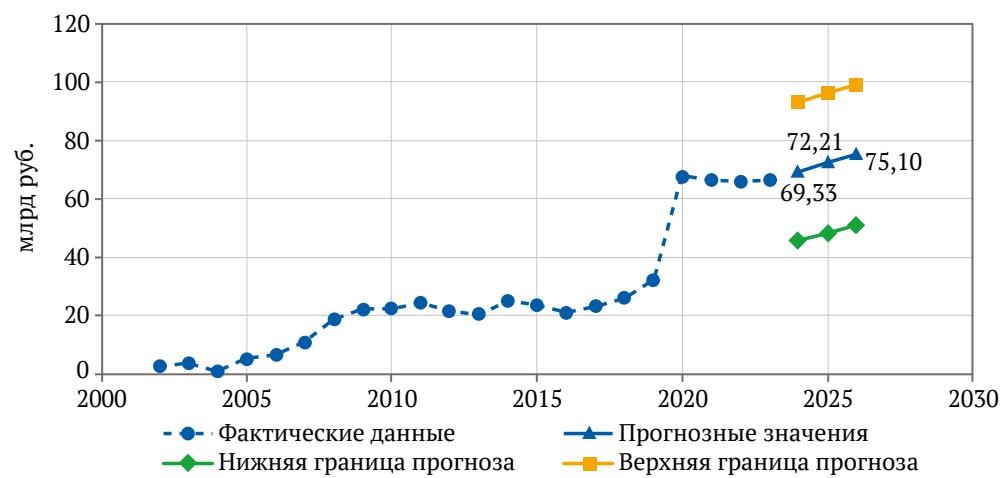


Рис. 3. Бездвозмездные поступления в консолидированный бюджет Нижегородской области, млрд руб.

Fig. 3. Gratuitous receipts to the consolidated budget of the Nizhny Novgorod region (billion rub.)

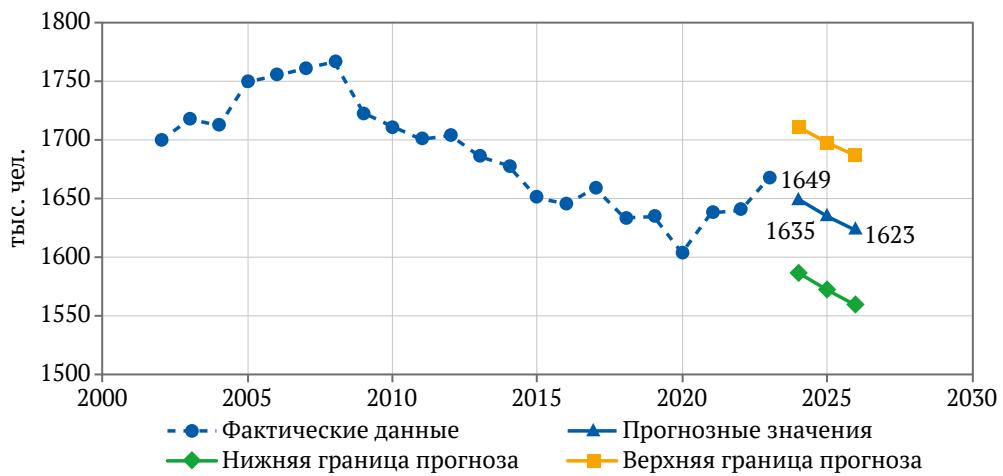


Рис. 4. Среднегодовая численность занятых, тыс. чел.

Fig. 4. Average annual number of employed (thousand people)

5. Среднедушевые денежные доходы населения в месяц в 2002–2026 гг., тыс. руб. (X_1). Для построения прогноза этой переменной использована ранее разработанная регрессионная модель, коэффициенты которой приведены в табл. 4 (модель 4). На рис. 5 представлены фактические и прогнозные значения среднедушевых денежных доходов населения, а также 95%-й доверительный интервал.

6. Валовая добавленная стоимость промышленности в текущих основных ценах в 2004–2026 гг., млрд руб. (Y). Прогноз ВДС промышленности построен с помощью регрессионной модели, коэффициенты которой приведены в табл. 2 (модель 2). На рис. 6 представлены фактические и прогнозные значения ВДС промышленности, а также 95%-й доверительный интервал.

Обсуждение результатов

Проведенный анализ позволил идентифицировать ряд факторов, влияющих на ВДС промышленности, в числе которых – среднедушевые денежные доходы населения и среднегодовой официальный курс доллара по отношению к рублю.

Рост среднедушевых денежных доходов приводит к увеличению потребительского спроса, что стимулирует производство товаров потребительского назначения. Рост потребительского спроса увеличивает инвестиционный спрос через эффект индуцированных инвестиций, что также способствует росту промышленного производства. Увеличение доходов населения особенно важно для развития тех отраслей промышленности, которые в основном или в значи-

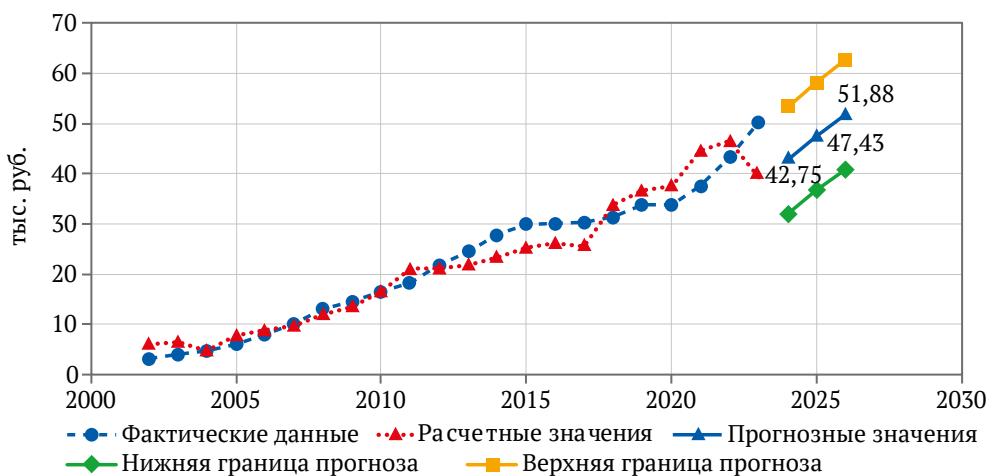


Рис. 5. Среднедушевые денежные доходы населения в месяц, тыс. руб.

Fig. 5. Average per capita monetary income of the population per month (thousand rub.)



Рис. 6. Валовая добавленная стоимость промышленности, млрд руб.

Fig. 6. GVA of industry (billion rub.)

тельной степени ориентированы на внутренний региональный рынок (например, пищевой промышленности, производства строительных материалов, электронной промышленности). Вывод о влиянии фактора среднедушевых доходов на рост промышленности согласуется с результатами, полученными другими авторами при моделировании ВДС Алтайского края [13] и ВРП кластера регионов, куда входит Нижегородская область [26].

Влияние курса доллара на промышленное производство, с одной стороны, отражает вклад инфляционной составляющей в ВДС промышленности через эффект переноса валютного курса в цены. С другой стороны, оно может свидетельствовать о положительном воздействии роста цен импортной продукции на процессы импортозамещения и развитие отечественного производства. Так, в статье [27] представлено как теоретическое, так и эмпирическое доказательство положительного влияния девальвации рубля на процессы импортозамещения в отечественной промышленности, оценены эффекты замещения и дохода, что также согласуется с результатами проведенного нами исследования. В работе [28] обнаружено долгосрочное положительное влияние курса иностранной валюты на развитие экспортноориентированных отраслей российской промышленности, особенно тех, у которых доля импорта в затратах производства невелика.

В нашем исследовании установлено, что на ВДС промышленности опосредованно, через среднедушевые денежные доходы, оказывают влияние средняя цена нефти марки Urals, безвозмездные поступления в консолидированный бюджет Нижегородской области, большую часть которых составляют трансферты из федерального бюджета, и среднегодовая численность занятых в экономике региона.

Рост цен на нефть сопровождается увеличением доходов от экспорта энергоресурсов, бюджетных поступлений, что позволяет увеличить финансирование национальной экономики, а также различных социальных программ, способствующих росту доходов населения. Следует отметить, что в работе [26] также обнаружено положительное влияние цен на нефть на ВРП кластера регионов с преобладающей обрабатывающей промышленностью, куда входит Нижегородская область.

Положительное влияние на рост денежных доходов населения безвозмездных поступлений в консолидированный бюджет региона от других уровней бюджетной системы (в основном трансфертов из федерального бюджета) объясняется

увеличением объема государственных финансовых ресурсов, необходимых для прямой и косвенной поддержки промышленности региона.

Рост среднедушевых доходов в регионе сопровождается снижением среднегодовой численности занятых, что объясняется неблагоприятной демографической ситуацией в регионе. Дефицитность рабочей силы является фактором роста средней заработной платы и доходов населения. Данный результат согласуется с выводом, ранее полученным для Курской области [8].

Применение современных статистических и эконометрических методов, например, коинтеграционного анализа временных рядов вместо корреляционного анализа, позволяет повысить точность и достоверность полученных результатов. В то же время возможность применения более продвинутых методов эконометрического моделирования ограничена из-за необходимости работать с короткими временными рядами годовых данных, ввиду отсутствия квартальных и месячных данных по большинству региональных показателей.

Заключение

Промышленность является ключевой отраслью экономики Нижегородской области, вносящей значительный вклад в ВРП, налоговые поступления в региональный бюджет, создание новых рабочих мест и рост благосостояния населения региона. Этим обосновывается важность изучения факторов развития промышленного комплекса региона и формирования его прогнозов на краткосрочную и среднесрочную перспективу.

В работе протестированы возможные детерминанты развития промышленности области (относящиеся к факторам предложения, спроса, макроэкономических условий, фискальной и денежно-кредитной политики), среди которых с помощью тестов на причинность по Грейндже-ру и коинтеграцию временных рядов выбраны наиболее статистически значимые. Построен комплекс структурированных двухуровневых эконометрических моделей формирования ВДС промышленности Нижегородской области, на основе которых и моделей для экзогенных факторов сформированы кратко- и среднесрочные прогнозы ВДС промышленности области.

Разработанные подходы, модели и полученные с их помощью результаты имеют определенную ценность для дальнейшего анализа и прогнозирования ВДС промышленности Нижегородской области. Полученные результаты могут быть использованы Министерством промышленности, торговли и предпринимательства,

Министерством экономического развития и инвестиций Нижегородской области и другими региональными органами государственной власти для прогнозирования ВДС промышленности, что позволит принимать обоснованные управленческие решения в области промышленной политики и стратегического планирования, направленные на повышение конкурентоспособности

и устойчивости экономики Нижегородской области и регионов, схожих с ней по уровню и тенденциям развития.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на уточнение и расширение списка факторов, влияющих на ВДС промышленности, а также на разработку более сложных и точных моделей прогнозирования.

Список литературы / References

1. Авдонькина В.В. Анализ и тенденции развития промышленной сферы Нижегородской области. *Управленческий учет*. 2021;(8-2):353–360. <https://doi.org/10.25806/uu8-22021353-360>
Avdon'kina V.V. Analysis and trends in the development of the industrial sphere of the Nizhny Novgorod region. *Upravlencheskii uchet = Management Accounting*. 2021;(8-2):353–360. (In Russ.). <https://doi.org/10.25806/uu8-22021353-360>
2. Зубаревич Н.В. Регионы России в новых экономических условиях. *Журнал Новой экономической ассоциации*. 2022;(3(55)):226–234. <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2022-55-3-15>
Zubarevich N.V. Regions of Russia in the new economic realities. *Journal of the New Economic Association*. 2022;(3(55)):226–234. (In Russ.). <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2022-55-3-15>
3. Зубаревич Н.В. Регионы России в конце 2023 г.: удалось ли преодолеть кризисный спад? *Вопросы теоретической экономики*. 2024;(1):34–47. https://doi.org/10.52342/2587-7666VTE_2024_1_34_47
Zubarevich N.V. Regions of Russia at the end of 2023: have they managed to overcome the crisis recession? *Voprosy teorecheskoi ekonomiki*. 2024;(1):34–47. (In Russ.). https://doi.org/10.52342/2587-7666VTE_2024_1_34_47
4. Малкина М.Ю. Промышленность российских регионов в условиях новых антироссийских санкций. *Пространственная экономика*. 2024;20(3):39–66. <https://doi.org/10.14530/se.2024.3.039-066>
Malkina M.Yu. Industry of Russian regions under new anti-Russian sanctions. *Prostranstvennaya ekonomika = Spatial Economics*. 2024;20(3):39–66. (In Russ.). <https://doi.org/10.14530/se.2024.3.039-066>
5. Сергеева Н.М., Скрипкина Е.В. Оценка изменения структуры ВДС России в условиях усиления кризиса. *Азимут научных исследований: экономика и управление*. 2024;13(3):74–77.
Sergeeva N.M., Skripkina E.V. Assessment of changes in the structure of the Russian military-industrial complex in the context of the growing crisis. *Azimut nauchnykh issledovanii: ekonomika i upravlenie = Azimuth of Scientific Research: Economics and Management*. 2024;13(3):74–77. (In Russ.)
6. Вагина П.С. Эконометрическое моделирование влияние макроэкономических индикаторов на эффективность экономики регионов России. *Финансовая экономика*. 2020;(12):330–333.
Vagina P.S. Econometric modeling the influence of macroeconomic indicators on the efficiency of the economy of regions of Russia. *Finansovaya ekonomika = Financial Economy*. 2020;(12):330–333. (In Russ.)
7. Сорокожердьев К.Г., Ефимов Е.А. Влияние отраслевой структуры на социально-экономическое развитие региона. *Экономика региона*. 2023;19(2):314–328. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-2-2>
Sorokozherdyev K.G., Efimov E.A. The Influence of the Regional Sectoral Structure on the Socioeconomic Development of a Region. *Ekonomika regiona = Economy of regions*. 2023;19(2):314–328. (In Russ.). <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-2-2>
8. Зарецкая В.Г., Черникова Е.А. Рост валового регионального продукта: декомпозиция факторов. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*. 2020;10(5):89–103.
Zaretskaya V.G., Chernikova E.A. Gross regional product growth: factor decomposition. *Izvestiâ Úgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriâ Èkonomika, sociologiâ, menedžment = Proceedings of the Southwestern State University. Series: Economics. Sociology. Management*. 2020;10(5):89–103. (In Russ.)
9. Руденко Л.Г. Методика прогнозирования валовой добавленной стоимости обрабатывающей промышленности в регионе. *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*. 2024;1(77). Режим доступа: <https://eee-region.ru/article/7713/>
Rudenko L.G. Methodology of forecasting the gross value added of the manufacturing industry in the region. *Regional Economy and Management: an Electronic Scientific Journal*. 2024;1(77). (In Russ.). Available at: <https://eee-region.ru/article/7713/>
10. Крупко А.Э., Фетисов Ю.М., Рогозина Р.Е. Моделирование факторов устойчивого развития промышленного производства ЦФО. *ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия*. 2018;15(7):56–66.
Krupko A.E., Fetisov Yu.M., Rogozina R.E. Modeling of factors of sustainable development of industrial

- production in the CFD. *FES: Finance. Economy. Strategy.* 2018;15(7):56–66. (In Russ.)
11. Губарев Р.В., Володин А.И., Дзюба Е.И., Тюленев Ю.В., Файзуллин Ф.С., Янгиров А.В. Повышение эффективности инвестиционно-промышленной политики России. *Экономика и математические методы.* 2020;56(1):54–66. <https://doi.org/10.31857/S042473880008479-5>
- Gubarev R., Volodin A., Dzyuba E., Tulenev Y., Fayzullin F., Yangirov A. Improving the effectiveness of Russia's investment and industrial policy. *Economics and the Mathematical Methods.* 2020;56(1):54–66. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S042473880008479-5>
12. Алиаскарова Ж.А. Инвестиции в основной капитал и валовая добавленная стоимость: взаимосвязь показателей и эконометрическое прогнозирование на основе модели SARIMA. *Известия Международной академии аграрного образования.* 2020;(52):31–36.
- Aliaskarova Zh.A. Capital investment and gross value added: indicators linkages and econometric forecasting based on the SARIMA model. *Izvestiya Mezhdunarodnoi akademii agrarnogo obrazovaniya = Proceedings of the International Academy of Agrarian Education.* 2020;(52):31–36. (In Russ.)
13. Селиверстова Т.П., Кузьмин П.И., Селиверстов С.И., Шаповалова С.В. Анализ факторов роста ВРП Алтайского края с помощью эконометрических моделей. *Управление экономическими системами: электронный научный журнал.* 2017;(5(99)). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-faktorov-rosta-vrp-altayskogo-kraja-s-pomoschyu-ekonometriceskikh-modeley>
- Seliverstova T.P., Kuzmin P.I., Seliverstov S.I., Shapovalova S.V. Analysis of GRP growth factors in the Altai Territory using econometric models. *Management of Economic Systems: an Electronic Scientific Journal.* 2017;(5(99)). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-faktorov-rosta-vrp-altayskogo-kraja-s-pomoschyu-ekonometriceskikh-modeley> (In Russ.)
14. Баенхаева А.В. Прогнозирование валового регионального продукта. *Экономика и бизнес: теория и практика.* 2016;(11):5–10.
- Baenkhayeva A.V. Forecasting the gross regional product. *Economy and Business: Theory and Practice.* 2016;(11):5–10. (In Russ.)
15. Касаева Т.В., Окишева Т.Н. Модели прогнозирования валовой добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности Витебской области. *Вестник Витебского государственного технологического университета.* 2011;(21):157–167.
- Kasaeva T.V., Okisheva T.N. Forecasting models of gross added value in the manufacturing industry of the Vitebsk region. *Bulletin of the Vitebsk State Technological University.* 2011;(21):157–167. (In Russ.)
16. Yang Y., Kong J., Yang L., Yang Z. Sequential big data-based macroeconomic forecast for industrial value added. *Communications in Mathematics and Statistics.* 2019;7:445–457. <https://doi.org/10.1007/s40304-019-00177-4>
17. Lehmann R., Wohlrabe K. Forecasting gross value-added at the regional level: are sectoral disaggregated predictions superior to direct ones? *Review of Regional Research.* 2014;34:61–90. <https://doi.org/10.1007/s10037-013-0083-8>
18. Serban A.C., Pelinescu E., Dospinescu A. Beta convergence analysis of gross value added in the high-technology manufacturing industries. *Technological and Economic Development of Economy.* 2021;28(2):1–23.
19. Cai J., Leung P. A note on linkage between gross value added and final use at the industry level. *Economic Systems Research.* 2020;32(3):428–437. <https://doi.org/10.1080/09535314.2020.1718617>
20. Арутюнян Г.Э. Теоретические подходы к оценке воздействия военных расходов на экономический рост. *Russian Journal of Management.* 2018;6(3):1–5. https://doi.org/10.29039/article_5c76b0e5c1db78.32516834
- Arutyunyan G.E. The theoretical approaches to assessing effects of military expenditure on growth. *Russian Journal of Management.* 2018;6(3):1–5. (In Russ.). https://doi.org/10.29039/article_5c76b0e5c1db78.32516834
21. Рябов И.Ю. Разработка инструментов анализа и визуализации структурных связей в динамических социально-экономических системах. *МАК: Математики – Алтайскому краю.* 2022;(4):191–193.
- Ryabov I.Y. Development of tools for analyzing and visualizing structural relationships in dynamic socio-economic systems. *МАК: Matematiki – Altaiskomu krayu.* 2022;(4):191–193. (In Russ.)
22. Энгл Р.Ф., Грэнджер К.У.Д. Коинтеграция и коррекция ошибок: представление, оценивание и тестирование. *Прикладная эконометрика.* 2015;39(33):106–135.
- Engle R.F., Granger K.U.D. Co-integration and error correction: presentation, evaluation and testing. *Applied Econometrics.* 2015;39(33):106–135. (In Russ.)
23. Алексин Б.И. Человеческий капитал и рост региональных экономик. *Пространственная экономика.* 2021;17(2):57–80. <https://doi.org/10.14530/se.2021.2.057-080>
- Alekhin B.I. human capital and regional economic growth in Russia. *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics.* 2021;17(2):57–80. (In Russ.). <https://doi.org/10.14530/se.2021.2.057-080>
24. Архипов Р.Ю., Катышев П.К. Производство электроэнергии в России и ВВП: анализ коинтеграции. *Прикладная эконометрика.* 2016;44:38–49.
- Arhipov R.Yu., Katyshev P.K. Electric power generation and GDP in Russia: Cointegration analysis. *Applied Econometrics.* 2016;44:38–49. (In Russ.)

25. Капитанова О.В., Зиняков Ю.В. Об использовании производственных функций для моделирования экономики Российской Федерации. В: Сб. науч. стат. III Всерос. науч.-практ. сем. «Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ в условиях цифровизации экономики», 24 апреля 2023 г., Нижний Новгород. Нижний Новгород: ННГУ; 2023. С. 88–96.
26. Малкина М.Ю. Факторы экономического роста Нижегородской области: моделирование ВРП с использованием данных регионов-двойников. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз.* 2025;18(2):76–89. <https://doi.org/10.15838/esc.2025.2.98.4>
- Malkina M.Yu. Drivers of economic growth of the Nizhny Novgorod Region: Modeling GRP using data from twin regions. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast.* 2025;18(2):76–89. <https://doi.org/10.15838/esc.2025.2.98.4>
27. Плотников В.А., Малых Е.Б. Анализ механизма влияния валютного курса на национальное промышленное производство. *Управленческое консультирование.* 2012;(3):140–146.
- Plotnikov V.A., Malyh E.B. An analysis of the influence of the exchange rate on the national industrial production. *Upravlencheskoe konsul'tirovaniye = Management consulting.* 2012;(3):140–146. (In Russ.)
28. Бадасен П.В., Картаев Ф.С., Хазанов А.А. Эконометрическая оценка влияния валютного курса рубля на динамику выпуска. *Деньги и кредит.* 2015;(7):41–49.
- Badassen P., Kartaev F., Khazanov A. Econometric evaluation of the ruble exchange rate impact on the output. *Den'gi i kredit = Money and credit.* 2015;(7):41–49.

Информацию об авторах

Марина Юрьевна Малкина – д-р экон. наук, профессор, кафедра экономической теории и методологии, руководитель центра макро и микроэкономики, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 603140, Нижний Новгород, просп. Ленина, д. 27, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3152-3934>; e-mail: mmuri@yandex.ru

Ольга Владимировна Капитанова – канд. физ.-мат. наук, доцент, кафедра математического моделирования экономических процессов, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 603140, Нижний Новгород, просп. Ленина, д. 27, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9069-9238>; e-mail: kapitanova@iee.unn.ru

Алексей Валерьевич Семенов – канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой математического моделирования экономических процессов, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 603140, Нижний Новгород, просп. Ленина, д. 27, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0518-6815>; e-mail: semenov-av@iee.unn.ru

Information about the authors

Marina Yu. Malkina – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Department of Economic Theory and Methodology, Head of the Center for Macro and Microeconomics, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 27 Lenina Ave., Nizhny Novgorod 603140, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3152-3934>; e-mail: mmuri@yandex.ru

Olga V. Kapitanova – PhD (Phys.-Math.), Associate Professor, Department of Mathematical Modeling of Economic Processes, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 27 Lenina Ave., Nizhny Novgorod 603140, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9069-9238>; e-mail: kapitanova@iee.unn.ru

Alexsey V. Semenov – PhD (Phys.-Math.), Associate Professor, Head of the Department of Mathematical Modeling of Economic Processes, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 27 Lenina Ave., Nizhny Novgorod 603140, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0518-6815>; e-mail: semenov-av@iee.unn.ru

Поступила в редакцию 17.07.2025; поступила после доработки 21.11.2025; принята к публикации 25.11.2025

Received 17.07.2025; Revised 21.11.2025; Accepted 25.11.2025

Актуальные вопросы цифровизации ESG-процессов в управлении сервисно-промышленными предприятиями, корпорациями и производственными объединениями

М.К. Измайлов  , В.В. Вилькен  , А.В. Черникова  

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, литера Б, Российская Федерация
 izmajlov_mk@spbstu.ru

Аннотация. В статье рассмотрены ключевые вопросы цифровизации ESG-процессов в контексте устойчивого развития сервисно-промышленных предприятий, корпораций и производственных объединений. Актуальность темы обусловлена усиливающимся влиянием экологических, социальных и управлений факторов на стратегические приоритеты бизнеса, а также необходимостью повышения эффективности инструментов мониторинга, контроля и отчетности в рамках ESG-повестки. Цель статьи заключается в исследовании возможностей цифровизации ESG-процессов в управлении сервисно-промышленными предприятиями, корпорациями и производственными объединениями, а также в выявлении ключевых проблем и перспектив развития данного направления. В работе представлено обобщение научных подходов к пониманию синергии ESG и цифровизации, проведен обзор аналитических данных и раскрыты опыт российских компаний, успешно интегрирующих цифровые инструменты в процессы управления ESG. На основе анализа научной литературы, опросов и кейсов выделены четыре группы проблем внедрения цифровых решений: технологические, организационные, кадровые и институционально-методологические. Несмотря на формирующийся интерес к ESG-цифровизации, лишь ограниченное число организаций в полной мере используют возможности искусственного интеллекта и больших данных в рамках устойчивого развития. Фрагментарность цифровых инициатив, дефицит кадров, нормативные проблемы и неразвитость технологической инфраструктуры продолжают оставаться системными вызовами, требующими координированных усилий со стороны бизнеса, государства и экспертного сообщества. Особое вниманиеделено перспективам развития, включая роль государственных программ, возможность создания единой цифровой платформы ESG-отчетности, а также потенциал цифровых решений в достижении целей устойчивого развития. Результаты исследования подтверждают необходимость системного подхода к цифровой ESG-трансформации как одного из ключевых направлений стратегического развития сервисно-промышленных предприятий, корпораций и производственных объединений.

Ключевые слова: ESG-процессы, устойчивое развитие, цифровизация, искусственный интеллект, большие данные, интернет вещей, ESG-стратегия, цифровая трансформация, цифровые технологии, ESG-отчетность, сервисно-промышленные предприятия, корпорации, производственные объединения

Благодарности: Авторы благодарят О.В. Калинину за помощь в подготовке и написании статьи.

Для цитирования: Измайлов М.К., Вилькен В.В., Черникова А.В. Актуальные вопросы цифровизации ESG-процессов в управлении сервисно-промышленными предприятиями, корпорациями и производственным объединениями. Экономика промышленности. 2025;18(4):559–573. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1520>

Acute issues of digitalization of ESG-processes in the management of service and industrial enterprises, corporations and industrial associations

M.K. Izmaylov , V.V. Vilken , A.V. Chernikova 

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
29B Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg 195251, Russian Federation
✉ izmajlov_mk@spbstu.ru

Abstract. The article deals with the key issues of digitalization of ESG-processes in the context of sustainable development of service and industrial enterprises, corporations and industrial associations. The topic is of high relevance due to the increasing impact of environmental, social and managerial factors on the business's strategic priorities and the necessity for improving the effectiveness of the tools of monitoring, control and reporting within the ESG agenda. The purpose of the article is to study the opportunities of digitalization of ESG-processes in the management of service and industrial enterprises, corporations and industrial associations, and to reveal the key problems and prospects for the development of this area. The authors present generalization of scientific approaches to understanding the synergy of ESG and digitalization, carry out the review of analytical data, and reveal the experience of Russian companies that successfully integrate digital tools into ESG management processes. Having analyzed scientific literature, surveys and case studies the authors identify four groups of the problems in implementation of digital solutions: technological, organizational, human resources, and institutional and methodological. Despite the increasing interest to ESG-digitalization, very few organizations exploit the opportunities of artificial intelligence and big data for sustainable development. Fragmentation of digital initiatives, lack of human resources, normative gaps and poorly developed technological infrastructure are still system challenges that require coordinated efforts from business, government and experts' community. Special attention is paid to the prospects for development including the role of government programs, the opportunity to create a unified digital platform for ESG reporting, and the potential of digital solutions in achieving the goals of sustainable development. The results of the study confirm the need for a system approach to digital ESG-transformation as one of the key trends of strategic development of service and industrial enterprises, corporation and industrial associations.

Keywords: ESG-processes, sustainable development, digitalization, artificial intelligence, big data, internet of things, ESG-strategy, digital transformation, digital technologies, ESG-reporting, service and industrial enterprises, industrial associations

Acknowledgments: The authors thank Olga V. Kalinina for her assistance in preparing and writing this article.

For citation: Izmaylov M.K., Vilken V.V., Chernikova A.V. Acute issues of digitalization of ESG-processes in the management of service and industrial enterprises, corporations and industrial associations. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):559-573. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1520>

工业服务企业、公司及生产联合体管理中ESG流程数字化面临的问题

M.K. 伊兹马伊洛夫 , V.V. 维尔肯 , A.V. 切尔尼科娃 

圣彼得堡彼得大帝理工大学, 195251, 俄罗斯联邦圣彼得堡理工大街29号B座
✉ izmajlov_mk@spbstu.ru

摘要: 本文探讨了工业服务企业、公司和生产联合体在可持续发展背景下ESG流程数字化面临的关键问题。该课题的重要性源于环境、社会和治理因素对企业战略优先事项的影响日益增强, 以及在ESG议程框架下提高监测、控制和报告工具效率的必要性。本文的目的是研究工业服务企业、公司和生产联合体在管理中实现ESG流程数字化的潜力, 并识别该领域的关键问题和发展前景。文章总结了理解ESG与数字化协同作用的科学方法, 回顾了分析数据, 揭示了俄罗斯企业成功将数字化工具整合到ESG管理流程的经验。基于对科学文献、调查和案例的分析, 提出了实施数字化解决方案面临的四类挑战: 技术层面、组织层面、人员层面和制度-方法论层面。尽管人们对ESG数字化的兴趣日益浓厚, 但只有少数组织在可持续发展框架下充分利用人工智能和大数据的潜力。数字化举措碎片化、人才短缺、监管漏洞和技术基础设施不完善仍然是系统性挑战, 需要企业、政府和专家群体共同努力。本文特别关注发展前景, 包括政府

项目的作用、创建统一的数字化ESG报告平台的可能性以及数字化解决方案在实现可持续发展目标方面的潜力。研究结果证明,对于工业服务企业、公司和生产联合体而言,系统推进数字化ESG转型是其战略发展的关键领域。

关键词: ESG流程、可持续发展、数字化、人工智能、大数据、物联网、ESG战略、数字化转型、数字技术、ESG报告、工业服务企业、公司、生产联合体

致谢: 作者感谢 O.V. 加里宁娜 在本文的准备和撰写过程中提供的帮助。

Введение

Цифровизация ESG-процессов в деятельности сервисно-промышленных предприятий, корпораций и производственных объединений приобретает все большее значение в контексте глобальных тенденций к устойчивому развитию и технологической трансформации. В современных условиях цифровые технологии, включая искусственный интеллект и анализ больших данных, рассматриваются как потенциальные инструменты, способные изменить подходы к управлению экологическими, социальными и корпоративными аспектами деятельности предприятий. Вопрос о степени их влияния на устойчивое развитие остается открытым и требует комплексного научного анализа, при этом растущий интерес к этим технологиям со стороны бизнеса и государства свидетельствует о признании их значимости для трансформации промышленных процессов.

В Российской Федерации на государственном уровне активно разрабатываются и реализуются стратегии, направленные на цифровую трансформацию экономики и повышение экологической эффективности промышленности. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» создает предпосылки для внедрения технологий искусственного интеллекта и больших данных в производственные процессы¹. Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. указывает на необходимость поиска технологических решений, способствующих снижению негативного воздействия промышленности на окружающую среду². Все это подчеркивает значимость цифровых технологий для повышения прозрачности отчетности, автоматизации контроля за выбросами и управления ресурсопотреблением.

¹ Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Режим доступа: <https://digital.gov.ru/target/nacionalnaya-programma-czifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federacii> (дата обращения: 05.07.2025).

² Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399657/ (дата обращения: 05.07.2025).

Анализ возможностей цифровых технологий в ESG-процессах (Environmental, Social, Governance – концепция устойчивого развития бизнеса) становится актуальным не только в контексте выполнения стратегических задач государства, но и в связи с необходимостью адаптации промышленных предприятий к меняющимся требованиям регуляторов, инвесторов и общества. Интерес к использованию искусственного интеллекта и анализа больших данных в корпоративных стратегиях устойчивого развития обусловлен их способностью обрабатывать значительные объемы информации, выявлять закономерности и прогнозировать тенденции, что может способствовать более эффективному управлению экологическими и социальными рисками. В то же время вопрос о реальной эффективности таких технологий в ESG-практиках остается дискуссионным и требует дальнейших исследований, что определяет научную и практическую значимость исследуемой темы.

Цель статьи заключается в обобщении и анализе возможностей цифровизации ESG-процессов в управлении сервисно-промышленными предприятиями, корпорациями и производственным объединениями, а также выявлении ключевых проблем и перспектив развития данного направления. В рамках работы планируется рассмотреть, каким образом искусственный интеллект, блокчейн и анализ больших данных могут способствовать мониторингу и оценке ESG-показателей, а также проанализировать успешные примеры использования цифровых платформ для контроля углеродного «следа», управления отходами и повышения энергоэффективности.

Роль цифровых технологий в ESG-трансформации

Современные изменения в бизнес-секторе обусловлены не только стремлением к технологическому обновлению, но и необходимостью соблюдения принципов устойчивого развития. ESG-повестка (экологические, социальные и управленические аспекты) становится неотъемлемой частью стратегического мышления компаний, особенно в условиях растущего внимания со стороны регуляторов, инвесторов и общества. В этом контексте усиливается давление на международные

корпорации по ответственности общества за сохранение экосистемы планеты и постепенное снижение выбросов до «чистого нуля» в соответствии с мировыми рамочными договоренностями [1]. Цифровизация, в свою очередь, рассматривается как потенциальный катализатор этих процессов, поскольку она открывает новые возможности для повышения прозрачности, управляемости и эффективности ESG-деятельности. В этой связи особую актуальность приобретает изучение роли цифровых технологий, включая искусственный интеллект, блокчейн, интернет вещей, большие данные и роботизацию, в поддержке и развитии ESG-практик на промышленных предприятиях.

Цифровые технологии перестали быть просто инструментом оптимизации операционных процессов; они формируют новую парадигму корпоративного управления, где экологическая ответственность, социальная справедливость и качество управления (ESG) становятся неотъемлемыми элементами стратегического позиционирования и долгосрочной устойчивости промышленных предприятий. Глобальный тренд на декарбонизацию экономики, усиление регуляторного давления и растущие ожидания инвесторов и потребителей в отношении прозрачности и ответственности бизнеса создают мощный импульс для поиска инновационных решений. В этом контексте искусственный интеллект, большие данные, интернет вещей, блокчейн и другие цифровые инструменты рассматриваются как потенциально трансформационные силы, способные перестроить традиционные подходы к управлению ESG-рисиками и возможностями. Их фундаментальная ценность заключается не столько в автоматизации рутинных задач, сколько в предоставлении качественно новых возможностей для измерения, анализа, прогнозирования и, как следствие, более эффективного управления сложными взаимосвязями между промышленной деятельностью и устойчивым развитием. Способность обрабатывать большие массивы разнородных данных в режиме реального времени позволяет выявлять важные закономерности, моделировать долгосрочные последствия решений и переходить от реактивного к проактивному управлению экологическими и социальными аспектами. Например, предиктивная аналитика на основе искусственного интеллекта способна не только фиксировать текущий уровень выбросов, но и с высокой точностью прогнозировать их динамику в зависимости от изменения производственных планов, погодных условий или состояния оборудования, что открывает путь для оптимизации ресурсопотребления

и минимизации негативного воздействия до возникновения проблем. Прозрачность, обеспечиваемая технологиями распределенного реестра (блокчейн), становится ключевым фактором доверия для стейххолдеров, позволяя достоверно отслеживать происхождение сырья, условия труда на всех этапах цепочки поставок и соблюдение экологических стандартов, что особенно критично в условиях ужесточения требований к нефинансовой отчетности. Тем не менее, несмотря на очевидный потенциал, степень реального влияния цифровых технологий на достижение целей устойчивого развития остается предметом активных научных дискуссий. Существует разрыв между декларируемыми возможностями технологий и их практической реализацией в сложной, зачастую консервативной среде промышленных предприятий. Вопросы о полноте и качестве исходных данных для анализа, алгоритмических предубеждениях, энергопотреблении самих цифровых инфраструктур и, наконец, о способности менеджмента интерпретировать и действовать на основе сложных аналитических выводов требуют тщательного изучения.

В научной литературе проблема интеграции цифровых решений в контекст ESG-повестки получает все большее внимание. Так, в статье Е.М. Корольковой подчеркивается, что цифровая трансформация оказывает все более выраженное влияние на конкурентоспособность компаний, а цифровые технологии, будучи инструментом стратегического управления, становятся основой формирования устойчивых бизнес-моделей. Автор рассматривает преимущества цифровых платформ, способствующих совершенствованию ESG-практик российских компаний, а также обозначает проблемные зоны, связанные с их внедрением. При этом выделяются направления, в которых возможно достижение синергии между цифровыми решениями и ESG-целями, особенно в условиях стремительно меняющегося технологического ландшафта [2].

Авторы А.В. Михайлюк, Е.А. Павленко и др. рассматривают цифровизацию как часть более широкой трансформации промышленности в русле концепции «Индустрія 4.0». Они акцентируют внимание на ключевых технологиях, лежащих в основе цифровой революции, включая машинное обучение, дополненную реальность и робототехнику. В контексте ESG-трансформации цифровизация трактуется как способ усовершенствования производственных процессов, в том числе за счет снижения ресурсозатрат, повышения энергоэффективности и улучшения экологических характеристик продукции. Авторы проводят

сравнительный анализ цифровой трансформации в России и Китае, указывая на роль национальных особенностей в реализации ESG-практик [3].

Дополняет научную картину работа М.А. Измайловой, в которой подчеркивается, что цифровые инструменты уже нашли применение в решении широкого спектра задач, связанных с экологической, социальной и управляемой эффективностью бизнеса. Автор указывает на существование системных ограничений – от технологических до когнитивных, которые сдерживают масштабное внедрение ESG-ориентированных цифровых решений, одновременно фиксируя заинтересованность российского бизнеса в интеграции ESG-принципов в стратегическое развитие. На основе анализа практик ведущих компаний, вовлеченных в устойчивую повестку, М.А. Измайлова формулирует концептуальный подход к формированию национального ESG-ландшафта [4].

Значительный вклад в понимание глубинных процессов организационных изменений, вызванных необходимостью адаптации к современным вызовам, включая цифровизацию и устойчивое развитие, вносит монография А.В. Митенкова «Теория трансформации системы управления организации» [5]. Автор предлагает комплексную теоретическую модель трансформации систем управления, рассматривая ее как ответ на динамику внешней среды, технологические сдвиги и возрастающие требования к социальной и экологической ответственности бизнеса. А.В. Митенков детально анализирует механизмы интеграции новых принципов и инструментов (включая ESG и цифровые технологии) в существующие управляемые структуры, преодоления сопротивления изменениям и формирования адаптивных организационных культур. Особое внимание уделяется взаимосвязи трансформации управления с повышением устойчивости и конкурентоспособности компаний в долгосрочной перспективе. Теоретические положения и практические рекомендации, изложенные в работе, предоставляют ценную методологическую основу для осмыслиения того, как именно цифровизация ESG-процессов может и должна быть встроена в общую архитектуру корпоративного управления, переходя от разрозненных инициатив к системной трансформации.

Дальнейшее развитие мысли о взаимовлиянии прорывных цифровых технологий, управления и экологической повестки представлено в статье того же автора [6]. В этой работе А.В. Митенков исследует феномен метавселенной не только как технологическую платформу для новых форм взаимодействия, но и как потенци-

альный катализатор трансформации организационных структур и управляемых практик с выраженным экологическим уклоном. Автор аргументирует, что иммерсивные среды метавселенной способны радикально изменить подходы к удаленной работе, обучению, проектированию и колаборации, что, в свою очередь, может привести к существенному сокращению необходимости физических перемещений (снижая углеродный «след» от транспорта), минимизации использования материальных ресурсов для офисной инфраструктуры и проведения массовых мероприятий, а также к созданию виртуальных прототипов (цифровых двойников) для экологического тестирования продуктов и процессов. Статья поднимает важные вопросы о новых управляемых компетенциях, необходимых для работы в условиях метавселенной, этике виртуального взаимодействия и потенциальных экологических издержках самой инфраструктуры метавселенных (энергопотребление). Труд расширяет горизонт понимания того, как рождающиеся технологии следующего поколения (помимо уже ставших привычными искусственного интеллекта, интернета вещей, блокчейна) могут открыть принципиально новые возможности для ESG-трансформации, особенно в экологическом (*Environmental*) измерении, и какие новые вызовы для управления (*Governance*) это порождает, что актуально для рассмотрения эволюции роли цифровых технологий в ESG.

В зарубежных исследованиях прослеживается нарратив относительно общей роли диджитализации как глобального драйвера развития ESG-идеологии благодаря обеспечению прозрачности информации, поддержке принятия стратегических решений руководителями корпораций, содействию технологическим зеленым инновациям и их Международному трансферу [7]. Другим направлением является позиционирование важности цифровых технологий в части создания автоматизированных систем управления в компаниях для улучшения качества ESG-отчетности. Более того, это играет все более значимую роль для привлечения инвестиций и снижения стоимости капитала в современных условиях интенсификации мирового зеленого перехода [8]. Другие исследования подчеркивают положительное влияние инноваций в отрасли 4.0 на эффективность подхода ESG и улучшение внутренних процессов отчетности ESG, особенно в энергетическом секторе [8–10]. Ученые также рассматривают цифровую трансформацию как фактор репутационной прозрачности за счет постепенного культивирования высокого уровня доверия к инициативам ESG.

Значимость цифровых решений в ESG-практиках подтверждается и результатами эмпирических исследований. Согласно аналитике PwC, цифровые инструменты способны содействовать достижению 59 % Целей устойчивого развития ООН (10 из 17 ЦУР), что свидетельствует о высокой потенциальной роли технологий в трансформации бизнес-моделей в сторону устойчивости³. Использование искусственного интеллекта, интернета вещей и блокчейна позволяет автоматизировать сбор и анализ ESG-данных, повысить точность мониторинга углеродного «следа», а также выстроить прозрачные цепочки поставок. Это открывает возможности для точного управления воздействием бизнеса на экологическую и социальную сферы.

Исследование Центра устойчивого развития Школы управления «Сколково» совместно с компанией «Технологии Доверия» также демонстрирует активный интерес российского бизнеса к цифровым инструментам ESG. Наиболее перспективными в глазах респондентов оказались технологии искусственного интеллекта (29 %), интернет вещей (23 %), блокчейн (14 %) и роботизация (10 %) (рис. 1)⁴.

³ Unlocking Technology for the Global Goals: study by the World Economic Forum and PwC. January 16, 2020. Available at: https://www3.weforum.org/docs/Unlocking_Technology_for_the_Global_Goals.pdf (accessed on 06.07.2025).

⁴ Дубовицкая Е., Кленина Н., Чернов Н., Кабаева А., Эжаева А. ESG в цифровом мире: вызовы и возможности: совместное исследование компаний «Технологии Доверия» и Центра устойчивого развития Школы управления Сколково. Режим доступа: <https://data.tedo.ru/esg/esg-digital.pdf> (дата обращения: 06.07.2025).

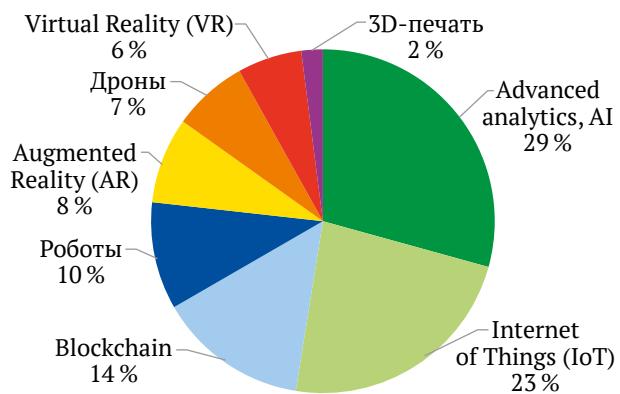


Рис. 1. Наиболее важные цифровые технологии для достижения максимальной эффективности в ESG-трансформации

Fig. 1. The most important digital technologies for achieving maximum efficiency in ESG transformation

Согласно исследованию компании Reuters Events, особенно высоко были оценены простые в реализации инструменты, такие как датчики и «умные» счетчики, обеспечивающие достоверный сбор ESG-данных (91 % респондентов отметили их как наиболее эффективные) (рис. 2)⁵.

Стоит отметить, что в настоящее время такие датчики для сбора данных являются одними из самых простых цифровых решений с точки зрения простоты внедрения [11; 12]. Следовательно,

⁵ Reuters Impact: Global Sustainability Report. January 31, 2025. Available at: https://www.thomsonreuters.com/en-us/posts/wp-content/uploads/sites/20/2023/10/Sustainability-Report_Reuters-Impact.pdf (accessed on 06.07.2025).

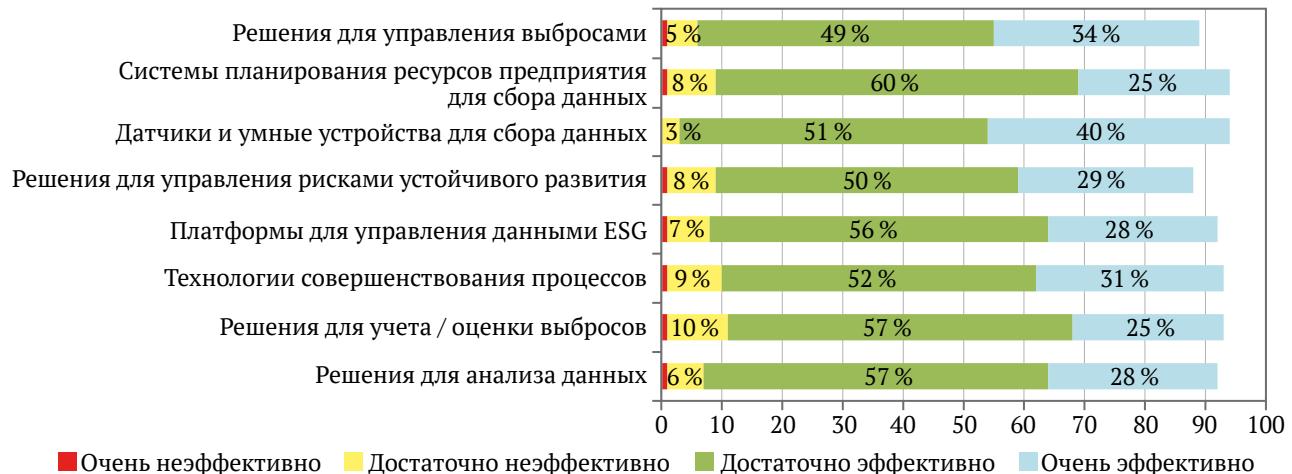


Рис. 2. Оценка эффективности цифровых решений в области устойчивого развития и декарбонизации бизнеса

Fig. 2. Evaluation of the effectiveness of digital solutions in the field of sustainable development and decarbonization of business

их можно рассматривать как базовый шаг к реализации цифрового «зеленого» перехода корпорациями, направленный на обеспечение мониторинга информации и ее транспарентности.

Инструменты управления данными, однако, получили менее благоприятные оценки. Такие инструменты, как корпоративные системы планирования ресурсов для сбора данных (23 %), системы управления данными ESG (17 %), инструменты

учета выбросов (23 %) и блокчейн для использования в логистике и цепочках поставок (31 %), были среди технологий, оцененных как сложные или очень сложные для реализации. Такие результаты очерчивают достаточно весомый вызов для международных корпораций, связанный с необходимой интеграцией целого ряда цифровых технологий, которые являются критически важными для реализации «зеленого» перехода.

Таблица 1 / Table 1

Роль цифровых технологий в ESG-трансформации

The role of digital technologies in ESG transformation

ESG-фактор	Цифровые решения	Эффекты от внедрения цифрового решения
Охрана окружающей среды	– датчики и «умные» счетчики; – интернет вещей; – геоинформационные системы (ГИС); – системы мониторинга выбросов; – искусственный интеллект для анализа экологических данных	– повышение точности учета выбросов и энергопотребления; – оптимизация потребления ресурсов (энергии, воды, сырья); – снижение углеродного «следа»; – автоматизация отчетности по экологии
	Блокчейн для отслеживания «зеленых» цепочек поставок	– обеспечение прозрачности и подлинности экологических данных; – снижение экологических рисков в логистике; – повышение доверия со стороны партнеров и инвесторов
	Аналитические платформы больших данных	– идентификация экологических рисков и прогнозирование последствий; – принятие обоснованных решений по ресурсосбережению
	Моделирование выбросов (цифровые двойники, платформы искусственного интеллекта)	– тестирование сценариев экологического воздействия до внедрения в реальную среду; – снижение затрат на экологические компенсации
Человеческие ресурсы и общество	– корпоративные платформы обратной связи с сотрудниками; – цифровые инструменты оценки благополучия персонала; – анализ социальных рисков с использованием искусственного интеллекта; – онлайн-обучение и цифровые тренажеры	– повышение удовлетворенности персонала и уровня вовлеченности; – улучшение условий труда; – быстрое реагирование на проблемы внутри коллектива; – повышение квалификации сотрудников
	Платформы для оценки воздействия на местные сообщества	– прозрачность социального влияния компании на регион; – повышение доверия со стороны общества и органов власти
Корпоративное управление	– платформы ESG-отчетности; – системы управления ESG-данными (ESG-DMS); – цифровые панели управления (<i>dashboards</i>); – блокчейн для прозрачности решений совета директоров	– повышение прозрачности корпоративного управления; – упрощение подготовки нефинансовой отчетности; – снижение рисков недостоверных данных; – формирование культуры подотчетности
	Искусственный интеллект для анализа соответствия требованиям	– своевременное выявление нарушений стандартов и требований; – снижение регуляторных и репутационных рисков
	Системы управления рисками на основе больших данных и искусственного интеллекта	– более точное прогнозирование управлеченческих и операционных рисков; – устойчивость к внешним и внутренним шокам
	Цифровые системы KPI (Key Performance Indicators) и performance-аналитики ESG	– объективная оценка достижения ESG-целей; – увязка результатов с мотивацией управлеченческого персонала

На основе проведенного обзора литературы [13; 14] и аналитических исследований составлена таблица, отражающая роль цифровых технологий в ESG-трансформации (табл. 1).

Исследования и эмпирические данные свидетельствуют о том, что цифровые инструменты уже используются в ESG-практиках как в России, так и за рубежом, хотя уровень зрелости и сложности решений варьируется. Проанализируем на конкретных примерах позитивный опыт внедрения цифровых ESG-инструментов.

Опыт российских сервисно-промышленных предприятий, корпораций и производственных объединений в области использования технологий искусственного интеллекта и больших данных для обеспечения устойчивого развития

В последние годы российские компании все активнее внедряют технологии искусственного интеллекта и анализа больших данных в практику устойчивого развития. В качестве приоритетных направлений цифровизации процессов ESG-трансформации отечественных промышленных предприятий исследователями [15; 16] в настоящее время рассматриваются повышение эффективности производственных процессов, решение проблем рационального потребления ресурсов, «ускорение» процессов разработки и реализации новых продуктов, «отслеживание» и снижение негативного влияния на окружающую среду, тогда как вопросы в области управления, составляющего один из трех компонентов устойчивого развития, сводятся лишь к автоматизации сбора и составления ESG-отчетности. Рассмотрим наиболее значимые и показательные кейсы применения искусственного интеллекта и больших данных в российских компаниях.

Анализ практики ведущих российских компаний позволяет перейти от теоретических расуждений о потенциале цифровых технологий в ESG к пониманию реальных механизмов их применения, достигнутых результатов и возникающих сложностей. Этот опыт ценен не только демонстрацией успехов, но и выявлением типичных проблем и ограничений, с которыми сталкиваются предприятия при интеграции искусственного интеллекта и больших данных в стратегии устойчивого развития. Российские кейсы показывают, что фокус цифровизации ESG часто смешен в сторону экологической эффективности и оптимизации операционных процессов, в то время как социальные аспекты и глубокая трансформация корпоративного управления (Governance) пока получают меньше внимания и часто сводятся к автоматизации отчетности.

Пример системного подхода к цифровизации с ориентацией на устойчивое развитие демонстрирует Агропромышленный холдинг «Степь». С 2017 г. компания инвестировала значительные средства в цифровую инфраструктуру, в том числе в разработку программного обеспечения для логистики, прогнозирования спроса, анализа погодных условий и мониторинга состояния посевов. Технологии больших данных и искусственного интеллекта позволяют холдингу минимизировать потери урожая, оптимизировать расход воды и удобрений, а также повысить устойчивость производства к климатическим рискам. Такой подход не только улучшает экономические показатели, но и способствует экологической устойчивости аграрного бизнеса⁶.

Другим масштабным примером служит деятельность ПАО «Газпром нефть», которая активно развивает цифровые решения в рамках своей ESG-повестки. Компания реализует проекты в области промышленного интернета вещей, telemetry и ИИ-моделирования. Особое внимание уделяется управлению логистикой в арктических регионах: система «Капитан» позволяет в реальном времени анализировать перемещения судов, погодные условия и маршруты, что помогает снизить выбросы, минимизировать потребление топлива и повысить безопасность перевозок⁷. Кроме того, на базе центра «Циферграуз» в Санкт-Петербурге «Газпром нефть» ведет масштабную работу по разработке решений для экологического мониторинга и анализа промышленных рисков, что становится неотъемлемой частью комплексного подхода к устойчивому развитию⁸.

Характерным примером цифровизации ESG-процессов в управлении корпоративными и промышленными предприятиями можно считать использование специализированных цифровых решений, разработанных Сбербанком для своих клиентов. В частности, созданные банком алгоритмы с применением технологий искусственного интеллекта позволяют оценивать кли-

⁶ Левинский А. Урожай на автопилоте: зачем агрохолдингу Евтушенкова искусственный интеллект. 13 сентября 2021. Режим доступа: <https://www.forbes.ru/biznes/438809-urozaj-na-autopilote-zacem-agroholdingu-evtusenkova-iskusstvennyj-intellekt> (дата обращения: 06.07.2025).

⁷ «Газпром нефть» внедрила первую в мире цифровую систему управления логистикой в Арктике. 9 апреля 2019. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/6313100> (дата обращения: 07.07.2025).

⁸ «Газпром нефть» открыла в Санкт-Петербурге центр цифровой трансформации «Циферграуз». 1 марта 2021. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/10807783> (дата обращения: 07.07.2025).

матические риски и их влияние на устойчивость бизнеса промышленных компаний. Эти системы моделируют потенциальные последствия наводнений, пожаров и других природных катастроф с учетом географического положения и инфраструктурных особенностей предприятий, что повышает точность управленческих и инвестиционных решений, а также способствует снижению финансовых и экологических рисков. Кроме того, библиотека Eco4cast, разработанная Сбербанком, используется для оценки углеродного «следа» цифровых решений, включая работу нейросетей, что делает ее важным инструментом в развитии «зеленых» цифровых практик на предприятиях и в производственных объединениях [17].

Металлургическая отрасль также демонстрирует значительный прогресс. Магнитогорский металлургический комбинат (ММК) применяет искусственный интеллект для повышения уровня промышленной безопасности и экологического мониторинга. Анализ данных в реальном времени позволяет контролировать выбросы вредных веществ, управлять потреблением энергии и воды, а также оценивать потенциальные риски для здоровья сотрудников. Таким образом, компания формирует экосистему цифрового управления, сочетающую производственную эффективность и экологическую ответственность⁹.

Ритейл-сектор также демонстрирует активное использование искусственного интеллекта и аналитики данных. Компании X5 Retail Group и «Вкусно – и точка» применяют его для оптимизации логистических процессов, минимизации пищевых отходов и рационализации закупок. Подобные решения позволяют значительно сократить экологический след розничной торговли и одновременно повысить ее экономическую устойчивость. Использование алгоритмов прогнозирования спроса и поведения потребителей помогает точнее планировать объемы поставок и снижать избыточные запасы, которые часто становятся источником перерасхода ресурсов и отходов¹⁰.

Общей чертой приведенных кейсов является не просто внедрение отдельных цифровых реше-

ний, а системный подход к трансформации бизнес-моделей в соответствии с принципами ESG, что предполагает интеграцию цифровизации с корпоративной стратегией, развитие компетенций персонала и открытость к сотрудничеству с государственными структурами, научными институтами и гражданским обществом.

Сложности внедрения цифровых решений в ESG-стратегии

Несмотря на высокий потенциал цифровых технологий в области устойчивого развития, их интеграция в ESG-стратегии компаний сталкивается с рядом существенных ограничений. В научной и экспертной литературе внимание к этим проблемам возрастает, при этом исследователи по-разному расставляют акценты относительно природы и глубины существующих барьеров.

Несмотря на оптимистичные прогнозы и демонстрируемые успешные кейсы, путь широкомасштабного и глубокого внедрения цифровых решений в ESG-стратегии российских промышленных предприятий сопряжен со значительным комплексом взаимосвязанных барьеров. Научный дискурс все чаще обращается к анализу этих препятствий, признавая, что их преодоление является критическим условием для реализации потенциала цифровизации в области устойчивого развития. Проблемы носят не только технический, но в значительной степени организационный, кадровый и институциональный характер, отражая общую сложность трансформации крупных промышленных систем. Технологические вызовы часто выступают на первый план. Рынок специализированных ESG-ориентированных цифровых решений, особенно интегрированных платформ, в России находится в стадии формирования. Многие предлагаемые инструменты фрагментированы, ориентированы на решение «узких» задач (например, только углеродный «след» или только отчетность) и плохо стыкуются друг с другом или с унаследованными корпоративными информационными системами (Enterprise Resource Planning (ERP), Manufacturing Execution System (MES)). Интеграция новых цифровых решений в сложившуюся, во многих случаях неоднородную ИТ-инфраструктуру предприятий, требует значительных ресурсов и компетенций. Стоимость внедрения комплексных систем мониторинга, аналитики и отчетности ESG-данных может быть очень высокой, особенно для средних предприятий, а расчет возврата на инвестиции (ROI) затруднен из-за сложности квантификации долгосрочных социальных и экологических последствий. Технологическая сложность отдельных

⁹ Почему российский бизнес продолжает следовать ESG-трендам. 2 июля 2024. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/industries/news/668268049a794783ccb11b7c> (дата обращения: 07.07.2025).

¹⁰ Сергеева М. Как искусственный интеллект оптимизирует бизнес-процессы. Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/esg/corporate_governance/articles/2025/02/04/1090062-iskusstvennyi-intellekt-optimiziruet (дата обращения: 07.07.2025).

решений, таких как блокчейн для отслеживания цепочек поставок, или предиктивных моделей на основе искусственного интеллекта, требует высокого уровня цифровой зрелости, которого многие предприятия еще не достигли. Организационные барьеры не менее существенны. ESG-цифровизация лишь в немногих случаях становится органичной частью общей цифровой стратегии компании; чаще, она воспринимается как отдельная второстепенная инициатива, не связанная с основными бизнес-процессами. Отсутствие эффективной кооперации между подразделениями (производство, экология, информационные технологии, управление персоналом, финансы) препятствует формированию целостного видения и комплексного подхода к сбору и использованию ESG-данных. Недостаточная вовлеченность и понимание со стороны топ-менеджмента и линейных руководителей приводит к нехватке ресурсов и низкому приоритету ESG-цифровых проектов. Сопротивление организационным изменениям, вызванным внедрением новых технологий и процедур, является распространенным явлением. ESG-проекты, даже с имеющимися цифровыми решениями, во многих случаях не воспринимаются как стратегические драйверы роста или снижения рисков, а рассматриваются по большей части как необходимые для соответствия регуляторным требованиям или улучшения имиджа. Кадровый дефицит представляет собой системную проблему. Ощущается острая нехватка специалистов, обладающих одновременно глубоким пониманием принципов устойчивого развития (ESG), знанием специфики отрасли и компетенциями в области работы с передовыми цифровыми технологиями (анализ данных, искусственный интеллект, блокчейн). Этот дефицит наблюдается как внутри компаний, так и на рынке труда в целом. Даже внешние системные интеграторы часто не обладают достаточной экспертизой в области ESG, чтобы предложить действительно эффективные и адаптированные решения. Существующие программы повышения квалификации и профессиональной переподготовки редко охватывают междисциплинарный характер требуемых знаний и навыков, необходимых для управления цифровой ESG-трансформацией. Институционально-методологические барьеры формируют сложный внешний контекст. Уровень зрелости самих ESG-практик в России все еще отстает от мировых лидеров, что ограничивает спрос на сложные цифровые инструменты их поддержки. Понимание синергетического эффекта от интеграции ESG и цифровизации не стало массовым среди руководителей и собственников. Нормативно-правовая база, регулирующая как ESG-отчетность, так и применение цифровых технологий в этой сфере, остается фрагментированной и не до конца проработанной, создавая правовую неопределенность. Отсутствие общепринятых, адаптированных к российским реалиям методик оценки эффективности и экономической отдачи от инвестиций в цифровые ESG-проекты затрудняет их обоснование и привлечение финансирования. Ограниченный доступ к «длинным» и недорогим инвестиционным ресурсам, особенно на фоне санкционного давления, дополнительно сдерживает масштабирование пилотных инициатив. Проблема оценки экономического эффекта стоит особенно остро. Отсутствие проверенных моделей и методологий приводит к тому, что многие компании либо вообще не пытаются измерить отдачу от цифровизации ESG, либо ограничиваются нефинансовыми показателями, что затрудняет сравнение проектов и принятие решений об инвестициях.

Так, А.Е. Рыбнов в своей работе подчеркивает, что ключевые проблемы цифровизации ESG-повестки лежат в области технологических, когнитивных и этических ограничений, а также отсутствии инфраструктурной готовности части организаций к переходу к цифровым ESG-практикам. По его мнению, даже при наличии интереса к устойчивому развитию, отсутствие квалифицированных кадров и цифровой зрелости предприятий препятствует практической реализации соответствующих инициатив [18].

Анализируя проблемы и перспективы ESG-трансформации финансового сектора в России, И.А. Коростелкина с соавторами считает, что барьеры внедрения цифровых решений следует искать, прежде всего, в организационной сфере. Авторы обращают внимание на слабую интеграцию ESG-ориентированных цифровых инструментов в управленческую архитектуру компаний, недостаточную осведомленность руководителей и сотрудников о возможностях цифровизации в сфере устойчивого развития, а также на фрагментарность существующих решений, не позволяющих создать единую цифровую систему поддержки ESG-управления [19].

В свою очередь, Ю.М. Цигалюк акцентирует внимание на нормативно-правовых и институциональных ограничениях, включая низкую регуляторную определенность и отсутствие стандартов в области цифровых ESG-решений. По мнению автора, без активного участия государства и развития механизмов публично-частного партнерства в сфере ESG-цифровизации устойчивого результата достигнуть невозможно [20].

М.К. Измайлова в качестве ключевых проблем называет недостаток осведомленности руководства о значении ESG, отсутствие четкой и последовательной законодательной базы, а также ограниченные ресурсы малых и средних предприятий [21].

Таким образом, проблематика внедрения цифровых решений в ESG-стратегии носит комплексный и многоаспектный характер. На основе анализа научной литературы, данных аналитических исследований, а также кейсов российских компаний в области ESG-трансформации, можно выделить четыре условные категории сложностей внедрения цифровых решений в ESG-стратегии компаний: технологические, организационные, кадровые, институционально-методологические. Для наглядности распределение представлено в табл. 2.

Как показывают данные аналитических опросов, ключевые препятствия внедрения цифровых решений в ESG-стратегии связаны не только с внутренними барьерами, но и с внешней институциональной средой. Особенно остро стоит проблема оценки экономического эффекта от реализации таких проектов – отсутствие общепринятых моделей сдерживает как инвестиционную активность, так и готовность бизнеса масштабировать pilotные инициативы. Крайне актуальным в свете обозначенной методологической проблемы и усугубляющим ее фактором ограничительных санкций становится

исследование, представленное в статье В.А. Великого с соавторами [22]. Авторы фокусируются на критической задаче разработки адаптированной методологии оценки эффективности технологических проектов, которая остается дефицитной для ESG-ориентированных цифровых инициатив. Они подчеркивают, что санкционный режим радикально меняет контекст: ограничивается доступ к иностранным технологиям, компонентам, программному обеспечению, финансированию и лучшим международным практикам. Это требует пересмотра традиционных критериев оценки (таких как рентабельность инвестиций, чистая приведенная стоимость), введения новых параметров (например, уровень импортозамещения, устойчивость цепочек поставок в новых условиях, соответствие новым регуляторным требованиям РФ) и учета специфических рисков. Предложенный авторами подход к формированию многоуровневой системы критериев, включающей экономические, технологические, ресурсные, временные и, что особенно важно для ESG, экологические и социальные аспекты в условиях санкционного давления, представляет собой практическую попытку решить именно ту методологическую проблему отсутствия единых и адаптированных к текущим реалиям методик, которая была выявлена в настоящем исследовании (см. табл. 2). Работа [22] дает важные ориентиры для разработки отечественных стандартов оценки эффективности

Таблица 2 / Table 2

Сложности внедрения цифровых решений в ESG-стратегии компаний
Challenges and difficulties in implementing digital solutions in companies' ESG strategies

Категории	Содержание
1. Технологические	<ul style="list-style-type: none"> – недостаточная зрелость цифровых ESG-решений на рынке; – ограниченный выбор специализированных инструментов; – отсутствие единого цифрового решения для комплексной реализации ESG-стратегий; – сложность интеграции новых решений в существующую ИТ-инфраструктуру; – технологическая сложность и высокая стоимость внедрения систем мониторинга и отчетности
2. Организационные	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие кооперации между подразделениями внутри компании; – слабая интеграция ESG в общую цифровую стратегию бизнеса; – недостаточная заинтересованность сотрудников и менеджмента; – непринятие организационных изменений; – ESG-проекты воспринимаются как вспомогательные, а не стратегические
3. Кадровые	<ul style="list-style-type: none"> – дефицит внутренних компетенций в области ESG и цифровых технологий; – недостаток квалифицированных специалистов на рынке труда; – низкий уровень подготовки у внешних системных интеграторов; – отсутствие программ повышения квалификации по ESG-цифровизации
4. Институционально-методологические	<ul style="list-style-type: none"> – недостаточное развитие ESG-практик; – отсутствие понимания синергии ESG и цифровизации; – несовершенство нормативно-правового регулирования ESG и цифровой отчетности; – отсутствие единых методик оценки эффективности цифровых ESG-проектов; – ограниченный доступ к инвестициям в цифровые ESG-инструменты

цифровых ESG-проектов, без которых их масштабирование и привлечение инвестиций останутся затрудненными. При этом большая часть компаний не оценивает эффект от цифровизации ESG или делает это без использования финансовых терминов.

Несмотря на формирующийся интерес к ESG-цифровизации, лишь небольшое число организаций в полной мере используют потенциал искусственного интеллекта и больших данных в рамках устойчивого развития. Фрагментарность цифровых инициатив, дефицит кадров, нормативные пробелы и неразвитость технологической инфраструктуры продолжают оставаться системными вызовами, требующими координированных усилий со стороны бизнеса, государства и экспертного сообщества.

Перспективы развития

Прогнозы на ближайшие годы подтверждают, что интеграция ESG-принципов в цифровые стратегии компаний к 2030 г. будет возрастать. В настоящее время крупнейшие российские и международные компании реализуют проекты, которые подтверждают, что большинство задач декарбонизации может быть успешно реализовано в условиях интеграции существующих цифровых решений [23]. Аналитические прогнозы предполагают, что расходы международных корпораций на устойчивое развитие в части «зеленого» перехода будут стремительно расти в течение следующих десяти лет [24]. Формируется новый тип стратегического мышления, в котором цифровизация рассматривается не как инструмент технической автоматизации, а как основа устойчивой бизнес-модели. Ожидается, что к 2030 г. большинство крупных промышленных предприятий будут использовать интегрированные платформы ESG-аналитики, основанные на машинном обучении, с возможностью прогнозирования экологических и социальных рисков. При этом возрастет распространенность цифровых двойников, моделирующих ESG-показатели в реальном времени для выстраивания стратегий устойчивого роста.

В этом контексте особое значение приобретает роль государства в формировании институциональной и технологической базы цифровой ESG-трансформации. В России уже реализуются программы, направленные на развитие цифровой экономики, в том числе в части устойчивого развития. Ключевым документом является Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, в которой подчеркивается

необходимость интеграции ESG-факторов в процессы цифровизации¹¹.

Как отмечают исследователи [25], отсутствие глобальных универсальных стандартов ESG-отчетности может приводить к так называемому гринвощингу, а именно спекуляции международных корпораций и отдельных брендов, зеленой тематике и декарбонизации собственных продуктов и сервисов. В связи с этим, стратегическое значение имеет создание единой цифровой платформы для ESG-отчетности и аналитики, которая позволит стандартизировать подходы к сбору данных, устраниить дублирование отчетности, повысить достоверность и сопоставимость показателей. Это, в свою очередь, станет стимулом для привлечения инвестиций в устойчивые проекты, повысит доверие со стороны потребителей и инвесторов, а также обеспечит согласованность действий всех участников ESG-экосистемы. Платформа может выполнять функции как регулятивные (мониторинг соответствия нормам), так и аналитические (оценка прогресса по целям устойчивого развития, выявление рисков, формирование рейтингов ESG-зрелости компаний). Перспективным направлением является также разработка национальных стандартов цифровой ESG-отчетности, синхронизированных с международными инициативами (в частности, Global Reporting Initiative (GRI), Sustainability Accounting Standards Board (SASB), Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD), International Sustainability Standards Board (ISSB)).

Следует также согласиться с мнением О.В. Калининой и соавт., подчеркивающих важность создания соответствующих институциональных, правовых, учебно-методических и технологических условий, что возможно, в частности, за счет перестройки образовательной модели как ключевого условия успешной реализации цифровых ESG-инициатив [26]. В условиях стремительной технологической трансформации недостаточно только внедрить цифровые решения, требуется обеспечить их эффективное использование на всех уровнях организационной структуры. Подготовка кадров, обладающих компетенциями как в области устойчивого развития, так и в сфере цифровых технологий, становится неотъемлемым элементом формирования цифровой зрелой корпоративной среды. Это особенно

¹¹ Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399657/ (дата обращения: 07.07.2025).

актуально для промышленных предприятий, где комплексность производственных процессов требует высокой квалификации специалистов при работе с интеллектуальными системами мониторинга, аналитики ESG-данных и цифрового моделирования.

Таким образом, цифровизация ESG-практик будет играть все более значимую роль в реализации целей устойчивого развития. Сочетание государственных инициатив, частных инвестиций, технологических решений и экспертного сообщества создает условия для формирования единой, прозрачной и действенной цифровой экосистемы устойчивого развития.

Заключение

В результате проведенного исследования проанализирована роль цифровых технологий в трансформации ESG-стратегий сервисно-промышленных предприятий, корпораций и производственных объединений и оценены возможности их применения для достижения целей устойчивого развития. Установлено, что цифровизация становится неотъемлемым элементом развития корпоративной устойчивости, обеспечивая возможности для повышения прозрачности, точности мониторинга и оценки ESG-показателей. Примеры деятельности российских компаний показывают, что при системном подходе цифровые технологии способны существенно повысить эффективность экологического и социального управления, снизить издержки,

минимизировать риски и способствовать долгосрочной устойчивости бизнеса.

Исследование позволило выделить четыре группы проблем, препятствующих широкому внедрению цифровых решений в ESG-стратегии: технологические, организационные, кадровые, институционально-методологические. Преодоление обозначенных барьеров требует комплексного подхода, включающего развитие цифровых компетенций, формирование единой нормативной базы, создание цифровых платформ ESG-отчетности, а также стимулирование частных и государственных инвестиций в устойчивые цифровые решения.

В перспективе цифровизация может стать ключевым фактором ускорения достижения Целей устойчивого развития ООН, особенно при активной интеграции ESG-принципов в цифровые стратегии компаний. Государственные инициативы, направленные на развитие цифровой среды и поддержку ESG-повестки, должны играть системообразующую роль, способствуя формированию единой инфраструктуры для сбора, обработки и анализа ESG-данных.

Сделан вывод о том, что формирование эффективной цифровой ESG-экосистемы в России возможно при условии активного взаимодействия государства, бизнеса, научного сообщества и технологических партнеров. Именно такая модель открывает путь к устойчивому развитию, основанному на инновациях, ответственности и стратегическом мышлении.

Список литературы / References

1. Delbeke J., Vis P. *Towards a climate neutral Europe: curbing the trend*. London: Routledge; 2020. 249 p.
2. Королькова Е.М. Цифровые технологии и ESG-практика. *Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии*. 2024;(5):136–139.
3. Korol'kova E.M. Digital technologies and ESG practice. *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii = Competitiveness in the Global World: Economics, Science, Technology*. 2024;(5):136–139. (In Russ.)
4. Михайлюк А.В., Павленко Е.А., Сидорова В.Р., Трубник Д.В. Цифровизация промышленности как драйвер ESG-трансформации производственных предприятий. В: Сб. ст. «Экономика и управление». СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет; 2024. С. 122–132.
5. Измайлова М.А. Реализация ESG-повестки инструментами цифровой экономики: состояние и перспективы развития. *Ars Administrandi*. 2024;16(3):413–435. <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2024-3-413-435>
6. Измайлова М.А. Implementation of the ESG agenda using digital economy tools: status and development prospects. *Ars Administrandi*. 2024;16(3):413–435. (In Russ.). <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2024-3-413-435>
7. Митенков А.В. Теория трансформации системы управления организации. М.: ООО «Стройинформиздат»; 2024. 200 с.
8. Митенков А.В. Рождение метавселенной и предпосылки трансформации управления в организации: экоаспект. *Менеджмент в России и за рубежом*. 2024;(4):56–62.
9. Mitenkov A.V. The birth of the metaverse and the prerequisites for the transformation of management in organization: the eco-aspect. *Management in Russia and Abroad*. 2024;(4):56–62. (In Russ.)
10. Niu S.J., Park B.I., Jung J.S. The effects of digital leadership and ESG management on organizational innovation and sustainability. *Sustainability*.

- 2022;14(23):1563–1579. <https://doi.org/10.3390/su142315639>
8. Jean M.S., Grant E. Management system enabled ESG performance. In: *Proceed. of the 2022 14th Inter. pipeline conf. Vol. 1. Pipeline safety management systems; project management, design, construction, and environmental issues; strain-based design and assessment; risk and reliability; emerging fuels and greenhouse gas emissions. Calgary, Alberta, Canada. September 26–30, 2022.* ASME. <https://doi.org/10.1115/IPC2022-86870>
9. Alkaraan F., Albitar K., Hussainey K., Venkatesh V.G. Corporate transformation toward Industry 4.0 and financial performance: The influence of environmental, social, and governance (ESG). *Technological Forecasting and Social Change.* 2022;175:121423. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121423>
10. Yu W., Gu Y., Dai J. Industry 4.0 enabled environment, social, and governance reporting: A case from a Chinese energy company. *Journal of Emerging Technologies in Accounting.* 2023;20(1):245–258. <https://doi.org/10.2308/JETA-2022-014>
11. Zhong Y., Zhao H., Yin T. Resource bundling: How does enterprise digital transformation affect enterprise ESG development? *Sustainability.* 2023;15(2):1319. <https://doi.org/10.3390/su15021319>
12. Cruz C.A., Matos F. ESG maturity: A software framework for the challenges of ESG data in investment. *Sustainability.* 2023;15(3):2610. <https://doi.org/10.3390/su15032610>
13. Богатырь В.М. Управление цепями поставок в условиях ESG трансформации. *Экономика и бизнес: теория и практика.* 2022;(11-1(93)):27–29. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-11-1-27-29>
Bogatyr V.M. Supply chain management in the context of ESG transformation. *Economics and Business: Theory and Practice.* 2022;(11-1(93)):27–29. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-11-1-27-29>
14. Дегтярев П.А. Инструменты ESG-трансформации промышленных предприятий в условиях их перехода на принципы бережливого производства. *Вестник Самарского государственного экономического университета.* 2023;(8(226)):87–96. Режим доступа: https://vestnik.sseu.ru/lk_file.php?pdf=8228
Degtyarev P.A. Tools of ESG transformation of industrial enterprises in the context of their transition to the principles of lean production. *Vestnik of Samara State University of Economics.* 2023;8(226):87–96. (In Russ.).
15. Киселева О.Н., Родионов А.С. Направления цифровизации системы управления промышленным предприятием на основе внедрения технологий искусственного интеллекта в контексте достижения целей его устойчивого развития. *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право.* 2025;25(2):149–163. <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2025-2-149-163>
16. Афонасова М.А. Обеспечение устойчивого развития промышленных предприятий в условиях цифровой и ESG-трансформации. *π-Economy.* 2024;17(3):7–17. <https://doi.org/10.18721/JE.17301>
Afonasova M.A. Ensuring the sustainable development of industrial enterprises in the context of digital and ESG transformation. *π-Economy.* 2024;17(3):7–17. (In Russ.). <https://doi.org/10.18721/JE.17301>
17. Ефимов А.Р., Брайтман А.М., Василенко О.О., Дюгованец Ю.И., Золотухина Д.В., Клико А., Матич Л.Ю., Певная Е.И., Пукальчик М.А., Столяров И.А., Тимошенко В.Г. *Наука в Сбере 2023. Информационный сборник.* Под общ. ред. А.Р. Ефимова. М.: Сбер; 2023. 92 с.
18. Рыбнов А.Е. Проблемы реализации ESG-стратегии в строительной сфере России. *РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция.* 2023;(4):82–87.
Rybnov A.E. Problems of implementation of the ESG strategy in the Russian construction. *RISC (Resources, Information, Supply, Competition).* 2023;(4):82–87. (In Russ.).
19. Коростелкина И.А., Дедкова Е.Г., Зубанова А.Е. Анализ проблем и перспектив ESG-трансформации финансового сектора в России. *Управление финансовыми рисками.* 2023;(4):292–305. <https://doi.org/10.36627/2221-7541-2023-4-4-292-305>
Korostelkina I.A., Dedkova E.G., Zubanova A.E. Analysis of problems and prospects of ESG transformation of the financial sector in Russia. *Financial Risk Management.* 2023;(4):292–305. (In Russ.). <https://doi.org/10.36627/2221-7541-2023-4-4-292-305>
20. Цыгалов Ю.М. Проблемы ESG-реорганизации российских metallurgicalических корпораций. *Управленческое консультирование.* 2022;(5):40–50. <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-5-40-50>
Tsygalov Yu.M. Problems of ESG-reorganization of Russian metallurgical corporations. *Administrative Consulting.* 2022;(5):40–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-5-40-50>
21. Измайлов М.К. Проблемы внедрения ESG-стандартов в российские компании: барьеры и пути решения. *Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА.* 2025;(1):126–140.
Izmaylov M.K. Problems of ESG standards implementation in Russian companies: barriers and solutions. *HERALD of the Moscow University of Finances and Law MFUA.* 2025;(1):126–140. (In Russ.)

22. Великий В.А., Толстых Т.О., Шмелева Н.В., Митенков А.В. Формирование системы критериев оценки технологических проектов в условиях ограничительных санкций. *Экономика высокотехнологичных производств*. 2024;5(2):147–164. <https://doi.org/10.18334/evp.5.2.121340>
- Velikiy V.A., Tolstyh T.O., Shmeleva N.V., Mitenkov A.V. System of criteria for the evaluation of technological projects under restrictive sanctions. *High-tech Enterprises Economy*. 2024;5(2):147–164. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/evp.5.2.121340>
23. Maksymova I., Savyev Y., Zvarych I., Kurylyak V. Global differentiation of climate digital projects in terms of low carbon economy. In: 2023 IEEE 12th Inter. conf. on intelligent data acquisition and advanced computing systems: Technology and applications (IDAACS). Dortmund; 2023. Vol. 1. P. 859–864.
24. Ding X., Sheng Z., Appolloni A., Shahzad M. Digital transformation, ESG practice, and total factor productivity. *Business Strategy and the Environment*. 2024;33(5):4547–4561. <https://doi.org/10.1002/bse.3718>
25. Toscano A., Balzarotti M., Re I. Sustainability practices and greenwashing risk in the italian poultry sector: A grounded theory study. *Sustainability*. 2022;14(21):1408–1419. <https://doi.org/10.3390/su142114088>
26. Калинина О.В., Симакова З.Л., Багаева И.В., Вилькен В.В. Подготовка управленческих кадров для устойчивого развития российской промышленности: современные вызовы и решения. В: Сб. науч. трудов по итогам IV Междунар. науч.-практ. конф. «Теория и практика управления в современных условиях». Санкт-Петербург, 13–14 февраля 2025 г. СПб.: Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики; 2025. С. 13–18.

Информация об авторах

Максим Кириллович Измайлов – канд. экон. наук, доцент, доцент Высшей школы производственного менеджмента, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, литера Б, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3147-9603>; e-mail: izmajlov_mk@spbstu.ru

Виктория Валерьевна Вилькен – канд. экон. наук, доцент, доцент Высшей школы производственного менеджмента, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, литера Б, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4478-2871>; e-mail: vilken_vv@spbstu.ru

Анна Владимировна Черникова – канд. техн. наук, доцент, доцент Высшей школы сервиса и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, литера Б, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0536-6311>; e-mail: chernikova_av@spbstu.ru

Information about the authors

Maxim K. Izmaylov – PhD (Econ.), Associate Professor, Associate Professor at the Graduate School of Industrial Management, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29B Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg 195251, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3147-9603>; e-mail: izmajlov_mk@spbstu.ru

Victoria V. Vilken – PhD (Econ.), Associate Professor, Associate Professor at the Graduate School of Industrial Management, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29B Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg 195251, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4478-2871>; e-mail: vilken_vv@spbstu.ru

Anna V. Chernikova – PhD (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Graduate School of Service and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29B Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg 195251, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0536-6311>; e-mail: chernikova_av@spbstu.ru

Поступила в редакцию 31.07.2025; поступила после доработки 25.11.2025; принята к публикации 28.11.2025

Received 31.07.2025; Revised 25.11.2025; Accepted 28.11.2025

Идентификация и оценка инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов

И.И. Акулова , С.С. Уварова , Г.С. Славчева , Д.С. Бабенко 

Воронежский государственный технический университет,
394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, Российской Федерации
 akulovaii@yandex.ru

Аннотация. Инновационная деятельность предприятий промышленности строительных материалов, формирующая их конкурентные преимущества, предполагает наличие инновационного потенциала, трактовка и схема расчета которого, несмотря на большое количество проводимых исследований, пока остаются недостаточно конкретизированными. Имеющаяся неоднозначность обуславливает актуальность проблемы и цели исследования, состоящей в идентификации инновационного потенциала с учетом отраслевой специфики и выработке научно-методических подходов к его оценке. Достижение цели предполагает решение ряда задач по определению сущностного понимания инновационного потенциала предприятия, разработке методики и алгоритма расчета уровня потенциала, формированию системы индикаторов оценки, апробации полученных результатов. Анализ трудов отечественных и зарубежных ученых позволил идентифицировать инновационный потенциал предприятия промышленности строительных материалов как возможность повышения его конкурентоспособности на основе создания инновационных разработок и их внедрения в производство при максимальном использовании организационно-управленческого, финансового и производственно-технического потенциалов предприятия. Формирование совокупности индикаторов оценки инновационного потенциала осуществлялось с учетом технико-технологических, организационно-управленческих, финансово-экономических и маркетинговых факторов внутренней среды предприятия, перечня обязательных показателей статистической отчетности об инновационной деятельности организации и доступности первичной информации. Схема расчета уровня инновационного потенциала опирается на квалиметрический подход, в соответствии с которым учитывалась значимость выявленных индикаторов, полученная с помощью экспертных оценок при статистической обработке результатов онлайн-анкетирования. Показано, что в качестве наиболее значимого индикатора экспертами признано наличие в структуре предприятия отдела научно-исследовательских работ. Предложенная методика апробирована для ряда средних и крупных производителей строительных изделий и конструкций Воронежской области. Полученная количественная оценка инновационного потенциала рассмотренных предприятий обнаружила его низкий, а в некоторых случаях даже существенно низкий уровень. Изложенные в статье результаты исследования представляют практический интерес как для региональных органов власти, так и бизнес-сообщества.

Ключевые слова: промышленные предприятия, строительные материалы, инновационный потенциал, внешние и внутренние факторы, индикаторы потенциала, квалиметрический подход, экспертный метод

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 24-18-20051 «Обоснование стратегических направлений инновационного развития промышленности строительных материалов с учетом региональной специфики и современных вызовов», <https://rscf.ru/project/24-18-20051/>

Для цитирования: Акулова И.И., Уварова С.С., Славчева Г.С., Бабенко Д.С. Идентификация и оценка инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов. Экономика промышленности. 2025;18(4):574–590. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1511>

Identification and assessment of innovation potential in the building materials industry

I.I. Akulova  , S.S. Uvarova  , G.S. Slavcheva  , D.S. Babenko 

Voronezh State Technical University,
84 20 letiya Oktyabrya Str., Voronezh 394006, Russian Federation
 *akulovaii@yandex.ru*

Abstract. The innovative activity of building materials enterprises, which shapes their competitive advantages, presupposes the presence of innovative potential. The problem lies in the fact that the interpretation of the concept of “innovation potential” and the methods for its calculation are contradictory and insufficiently specified. The research aims to identify the innovation potential, taking into account industry specifics, and to develop scientific and methodological approaches for its assessment. The research objectives are to define the essential understanding of a company’s innovation potential, develop a methodology and algorithm for calculating its level, form a system of evaluation indicators, and test the obtained results. The innovation potential of a building materials enterprise is identified as its ability to enhance competitiveness through the creation of innovative developments and their implementation into production, while maximizing the use of its organizational, managerial, financial, and production-technical capacities. The set of indicators for assessing innovation potential was formed considering technical, technological, organizational, managerial, financial, economic, and marketing factors of the enterprise’s internal environment, the list of mandatory statistical reporting indicators on organizational innovation activity, and the availability of primary data. The scheme for calculating the level of innovation potential is based on a qualimetric approach, which accounted for the significance of the identified indicators, determined through expert evaluation and statistical processing of online survey results. The expert assessment revealed that the most significant indicator is the presence of a dedicated R&D department within the enterprise’s structure. The proposed methodology was tested on a number of medium and large manufacturers of building products and structures in the Voronezh region. The quantitative assessment of the innovation potential of these enterprises revealed a low, and in some cases, significantly low level. The research results are of practical interest to regional government authorities and the business community.

Keywords: manufacturing companies, building materials, innovative potential, external and internal factors, metrics, qualimetric approach, expert assessment

Acknowledgements: The research was supported by the Russian Science Foundation grant No. 24-18-20051 “Justification of strategic directions for innovative development of the building materials industry, considering regional specifics and contemporary challenges”, <https://rscf.ru/project/24-18-20051>

For citation: Akulova I.I., Uvarova S.S., Slavcheva G.S., Babenko D.S. Identification and assessment of innovation potential in the building materials industry. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):574–590. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1511>

建材企业创新潜力的识别与评估

I.I. 阿库洛娃  , S.S. 乌瓦罗娃  , G.S. 斯拉夫切娃  , D.S. 巴本科 

沃罗涅日国立技术大学
394006, 俄罗斯联邦沃罗涅日市十月革命二十周年大街84号
 *akulovaii@yandex.ru*

摘要：建材企业的竞争优势基于创新活动，而创新活动需要具备创新潜力。尽管已有大量研究，但对创新潜力的定义和计算方法仍不够明确。这种不确定性决定了该研究的现实性及研究目的，即在考虑行业特性的前提下，识别建材企业的创新潜力，并开发科学的评估方法。实现这一目标需要完成一系列任务，包括：明确企业创新潜力的基本概念；开发创新潜力水平的计算方法和算法；建立评估指标体系；以及验证所得结果。通过分析国内外学者的研究成果，我们发现，建材企业的创新潜力在于，通过创新研发并将其成果应用于生产，同时最大限度地发挥企业的组织、管理、财务和生产技术潜力，从而提升其竞争力。建立创新潜力评估指标体系

考虑了企业内部环境的技术、工艺、组织、管理、财务、经济和市场营销因素，以及企业创新活动统计报告的强制性指标清单和初始信息的可获取性。创新潜力水平的计算方案基于质量测量方法，该方法考虑了在对在线调查结果进行统计处理过程中，通过专家评估所确定的各项指标的重要性。研究表明，专家认为企业内部是否设有研发部门是最重要的指标。本文提出的方法已在沃罗涅日州的几家中大型建筑产品及构件制造商中进行了测试。对这些企业创新潜力的定量评估结果显示，企业创新潜力较低，在某些情况下甚至显著偏低。本文的研究成果对地方政府和企业界都具有实际意义。

关键词：工业企业，建筑材料，创新潜力，外部因素和内部因素，潜力指标，质量测量方法，专家调查法

致谢：本研究由俄罗斯科学基金会资助，项目编号为24-18-20051，“考虑区域特点和当前挑战的建筑材料行业创新发展战略方向论证”，<https://rscf.ru/project/24-18-20051/>

Введение

Промышленность строительных материалов является сложной отраслью национальной экономики, специфичность которой обусловливается широкой номенклатурой производимой продукции различного назначения, а также большим количеством входящих в ее состав подотраслей – цементной, стекольной, известковых, гипсовых и местных вяжущих материалов, сборных железобетонных изделий и конструкций, мелкоштучных стеновых материалов, нерудных строительных материалов, теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов, пористых заполнителей и др. При этом структурная сложность отрасли усиливается наличием в ряду подотраслей добывающих, перерабатывающих и смешанных производств.

До 2015 г. промышленность строительных материалов находилась в ведении Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства (Минстроя) РФ. С 2015 г. полномочия в сфере государственной политики по отношению к отрасли были переданы Министерству промышленности и торговли, тогда как техническое регулирование осталось прерогативой Минстроя. Соответственно, направления, цели и задачи развития промышленности строительных материалов отражены в стратегических документах обоих ведомств, а, кроме того, в стратегиях, государственных программах и национальных проектах, реализуемых как в строительной сфере, так и в промышленности.

В действующих на настоящий момент стратегических документах в качестве ключевых целей промышленности РФ обозначены обеспечение технологического суверенитета¹, переход

¹ Распоряжение Правительства РФ от 9 сентября 2023 г. № 2436-р «Об утверждении Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности России до 2030 года и на период до 2035 года». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407545698/> (дата обращения: 19.11.2025).

к инновационно ориентированному экономическому росту², повышение конкурентоспособности российских промышленных компаний³. Для достижения указанных целей в сфере промышленности строительных материалов существенно значимая роль отводится активизации инновационной деятельности предприятий, а также использованию отечественных научно-технических технологий, основанных на применении интеллектуальных, роботизированных и высокопроизводительных производств новых материалов⁴. В современных условиях, когда знания становятся фундаментальным ресурсом развития, инновационность выступает в качестве движущей силы национальной экономики, ее отраслей и производственных комплексов, а также отдельных производителей [1–5].

Инновационная деятельность предприятия промышленности строительных материалов, способствующая формированию его конкурентных преимуществ, связана с трансформацией научных исследований и достижений в продукты с новым составом и структурой, свойствами, технологией и областью применения.

² Распоряжение Правительства РФ от 20 мая 2023 г. № 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 г.». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406831204/> (дата обращения: 19.11.2025).

³ Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». Режим доступа: <https://base.garant.ru/70643464/> (дата обращения: 19.11.2025).

⁴ Распоряжение Правительства РФ от 31 октября 2022 г. № 3268-р «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г.». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405560559> (дата обращения: 19.11.2025); Указ Президента РФ № 145 от 28.02.2024 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358/page/3> (дата обращения: 19.11.2025).

К сожалению, внедрение инноваций в промышленность строительных материалов по сравнению с их использованием в других отраслях экономики РФ имеет крайне низкие темпы. Несмотря на определенный прогресс в государственном стимулировании научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности, в ускорении коммерциализации новых технологий и продуктов, продвижении наилучших доступных технологий (НДТ) путем создания и актуализации соответствующих информационно-технических справочников (ИТС) для различных видов стройматериалов, большинство предприятий отрасли предпочитают по-прежнему применять базовые, зачастую устаревшие, технологии, а не инвестировать в собственные интеллектуальные активы, в том числе ввиду неоднозначности показателей финансовой эффективности, касающихся инновационной активности [4].

Сложившаяся ситуация в инновационной деятельности обусловлена следующими отраслевыми особенностями: во-первых, высоким уровнем характерного для предприятий консерватизма из-за продолжительного жизненного цикла выпускаемой продукции – 50 и более лет, а, во-вторых, тесной взаимосвязью с применяемыми технологиями возведения объектов, совершенствование которых осуществляется чрезвычайно медленно.

Необходимая для прорывного развития активизация инновационной деятельности предполагает наличие на предприятиях инновационного потенциала, идентифицируемого, несмотря на значительное количество проводимых исследований, весьма неоднозначно. Имеющееся разнообразие в формулировке категории «инновационный потенциал» наряду с отраслевой спецификой обуславливает различия в методических подходах к его оценке. С учетом вышеизложенного принципиально важным оказывается конкретизация сущностного понимания иннова-

ционного потенциала предприятия, разработка алгоритма и методики расчета уровня потенциала с учетом особенностей промышленности строительных материалов.

Основной раздел

Идентификация понятия «инновационный потенциал» осуществлялась на основе литературного обзора трудов отечественных и зарубежных ученых, обобщение и логический анализ которых позволил выделить две основные группы исследователей в зависимости от их отношения к сущности инновационного потенциала (табл. 1). Так, представители первой группы (Дж. Бродни и М. Тутак [1], В.Г. Матвеин [6], Е.М. Ильинская [7], С.О. Календжян и М.А. Коркин [8], Н.П. Макаркин [9], Ш.М. Валитов и А.Х. Хакимов [10], П.М. Гуреев [11]) рассматривают инновационный потенциал в качестве совокупности способностей, возможностей и готовности к созданию и реализации инноваций, а учёные второй группы (С.С. Морковина и Ю.Н. Степанова [12], Е.Ю. Сидорова, А.А. Климова и Г.В. Тимохова [13], К.И. Гоман [14], М.В. Пушкарева и О.В. Зубкова [15], Е.А. Асташова, Е.А. Погребцова и С.И. Дурнев [16], Ю.Н. Синькова [17], Л.Н. Устинова и Р.М. Сиразетдинов [18]) определяют инновационный потенциал как совокупность или комплекс ресурсов и резервов, необходимых для реализации инновационной деятельности.

Анализируя трактовки обеих групп исследователей, следует констатировать, что в целом все они в большей или меньшей степени отражают существо инновационного потенциала, базирующегося на наличии инновационной идеи и ресурсов, необходимых для ее реализации. При этом с учетом специфики промышленности строительных материалов имеющиеся определения нуждаются в некотором уточнении, исходя из следующих положений.

Таблица 1 / Table 1

Систематизация толкований сущности инновационного потенциала промышленного предприятия различными учеными-экономистами

Systematization of interpretations of the essence of the innovative potential of an industrial enterprise by economists

Авторы	Ключевые термины, определяющие сущность инновационного потенциала	Толкование понятия «инновационный потенциал предприятия» в авторской редакции
Дж. Бродни, М. Тутак (J. Brodny, M. Tutak) [1]	Способность создавать и внедрять инновации	Способность создавать инновации и постоянно внедрять их внутри компаний, а также делать новые решения доступными для рынка
В.Г. Матвеин, Б.С. Дмитриевский, Н.С. Попов, О.В. Дмитриева [6]	Способность к улучшению и прогрессу	Способность к изменению, улучшению, прогрессу; совокупность трех составляющих: ресурсной, внутренней и результативной, которые сосуществуют взаимно, предполагают и обуславливают друг друга

Окончание табл. 1 / End of Table 1

Авторы	Ключевые термины, определяющие сущность инновационного потенциала	Толкование понятия «инновационный потенциал предприятия» в авторской редакции
Е.М. Ильинская, М.Н. Титова [7]	Способность к обновлению факторов производства	Способность рассматриваемого объекта реального сектора обеспечить достаточную степень обновления факторов производства, их комбинаций в технологическом процессе выпускаемого продукта, организационно-управленческих структур и корпоративной культуры
С.О. Календжян, М.А. Коркин [8]	Способность и готовность к инновационной деятельности	Возможности субъекта хозяйствования, способности и готовность к осуществлению инновационной деятельности, включая его резервы, определяемые эффективностью применения всех разновидностей ресурсов, создающих устойчивость инновационного развития всего предприятия под воздействием экзогенных факторов настоящего и будущего
Н.П. Макаркин, Н.В. Корнеева, И.И. Родькина, Я.С. Славкина [9]	Возможности по созданию и реализации нововведений	Возможности по созданию и реализации нововведений, характеризующихся обладанием таких видов ресурсов как кадровые, организационные, финансовые, материально-технические, а также других видов ресурсов, без которых не может осуществляться инновационная деятельность
Ш.М. Валитов, А.Х. Хакимов [10]	Мера готовности к инновациям	Характеризует готовность организации к выполнению задач, обеспечивающих достижение инновационных целей, то есть является мерой готовности к инновационному проекту или программе инноваций
П.М. Гуреев, В.Н. Гришин [11]	Признак максимально возможного результата	Признак социально-экономической системы, характеризующий допустимость (осуществимость) и максимально возможный результат целенаправленной деятельности по изменению структурно-функциональных свойств данной системы
С.С. Морковина, Ю.Н. Степанова [12]	Совокупность средств и резервов	Имеющиеся в наличии средства, резервы, источники, которые могут быть применены для достижения поставленной цели инновационного развития
Е.Ю. Сидорова, А.А. Климова, Г.В. Тимохова [13]	Совокупность ресурсов	Совокупность ресурсов, необходимых для осуществления инновационной деятельности
К.И. Гоман [14]	Совокупность ресурсов	Совокупность ресурсов предприятия как традиционных экономических и интеллектуальных, которые уже применяются, так и латентных, требуемых для достижения целевых индикаторов инновационных процессов и условий, которые обеспечивают эффективное использование этих ресурсов
М.В. Пушкирева, О.В. Зубкова [15]	Аналог резервов производства	Аналог резервов, временно не задействованных, но могущих стать востребованными при наличии спроса на инновационный продукт
Е.А. Асташова, Е.А. Погребцова, С.И. Дурнев [16]	Совокупность ресурсов и возможностей	Совокупность ресурсов, активов и организационно-управленческих возможностей, требуемых для внедрения инноваций
Ю.Н. Синькова [17]	Совокупность ресурсов и результатов	Совокупность ресурсов и результатов инновационной деятельности, связь между которыми устанавливается в процессе решения проблем повышения уровня конкурентоспособности предприятия в целях обеспечения его дальнейшего устойчивого экономического роста
Л.Н. Устинова, Р.М. Сиразетдинов [18]	Синтез ресурсов	Синтез нескольких видов ресурсов интеллектуального, финансового, управлеченческого, технического характера, которые в совокупности обеспечат предприятию возможность создания и реализации инноваций

Во-первых, отметим, что идея, составляющая основу инновации, может быть «рождена» как на самом предприятии, так и приобретена со стороны в виде права на использование интеллектуальной собственности. Иными словами, для внедрения инновационных продуктов или технологий промышленному предприятию не обязательно вести научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) самостоятельно, а достаточно обладать необходимыми денежными ресурсами, чтобы приобрести уже созданные нематериальные активы, представляющие интерес для производителя, или финансировать разработки специализированных научных организаций на договорной основе. Однако, рассматривая инновации в качестве ключевого фактора повышения конкурентоспособности, наиболее предпочтительным в силу сохранения конфиденциальности разработок в рыночных условиях и максимального использования производственно-технического потенциала предприятия является либо проведение НИОКР собственными силами, либо их финансирование по заказу предприятия [19; 20]. Таким образом, трактовка понятия «инновационный потенциал» должна отражать возможность создания инновационных разработок собственными силами или с привлечением сторонних организаций. И в этом следует согласиться с представителями первой группы ученых.

Во-вторых, реализация инноваций опирается на определенные виды ресурсов – основные средства производства, финансовые, сырьевые и кадровые ресурсы. На предприятии промышленности строительных материалов для внедрения инновационных разработок существенно значимыми являются финансовый потенциал, что следует из первого положения, а также производственно-технический потенциал, отражающий состояние основных производственных фондов (ОПФ) и степень прогрессивности применяемых технологий [21]. Необходимо подчеркнуть, что высокий уровень последнего позволяет при максимально полном использовании имеющейся производственной базы предприятия – одного из условий эффективности инноваций – снизить затраты на приобретение нового оборудования и сократить продолжительность процесса внедрения инновационных разработок. Относительно сырьевых ресурсов уточним, что при производстве ряда строительных материалов, изделий и конструкций улучшение их свойств, являющееся предметом инноваций, может быть достигнуто за счет новых приемов в технологических операциях на том же сырье

или изменения соотношения имеющихся сырьевых компонентов в структуре материалов с включением, например, незначительного количества химических добавок. При этом никаких особых квалификационных требований к рабочим кадрам не предъявляется, однако важным является уровень квалификации управленческого персонала, особенно в части мотивированности к внедрению нововведений, т.е. существенное влияние на инновационную деятельность предприятия оказывает его организационно-управленческий потенциал [22; 23].

Исходя из приведенных положений, под инновационным потенциалом предприятия промышленности строительных материалов следует понимать возможность повышения его конкурентоспособности на основе создания инновационных разработок и их внедрения в производство при максимальном использовании организационно-управленческого, финансового и производственно-технического потенциалов предприятия. Именно с учетом данного определения осуществлялась разработка методики оценки инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов.

Алгоритм и методика исследования

Алгоритм разработки методики оценки инновационного потенциала состоит из следующих шагов:

Шаг 1 – выделение факторов, обуславливающих формирование и развитие инновационного потенциала;

Шаг 2 – формирование системы индикаторов инновационного потенциала;

Шаг 3 – разработка схемы расчета показателя уровня инновационного потенциала.

Система факторов инновационного потенциала, формируемая на 1-м шаге, традиционно включает две укрупненные группы внешних и внутренних факторов. При этом наполнение групп отражает разную природу факторов и отраслевую специфику (рис. 1) [23; 24].

Так, в процессе логического анализа и систематизации в группу внешних включены следующие факторы:

– технико-технологические – современный уровень развития строительных технологий и технологий производства строительных материалов и изделий;

– организационно-управленческие – состояние нормативной базы, наличие сводов правил и стандартов, необходимых для внедрения инноваций; состояние правовой базы по защите интеллектуальной собственности;

– финансово-экономические – государственная поддержка в сфере научных разработок и внедрения инноваций; стоимость инновационных разработок; доступность финансовых ресурсов;

– рыночные – состояние отечественного рынка инноваций в сегментах строительных материалов и технологий; спрос на строительную продукцию на региональном рынке; степень монополизации строительного рынка.

Наиболее значимыми в группе внешних факторов являются такие факторы, как государственная поддержка в сфере научных разработок, степень монополизации строительного рынка, современный уровень развития строительных

технологий и спрос на строительную продукцию на региональном рынке.

Действительно, большинство предприятий промышленности строительных материалов связывает низкие темпы внедрения нововведений с недостаточной государственной поддержкой и прежде всего финансовой. Отметим, что господдержка может быть реализована в различных формах – посредством предоставления целевых субсидий, грантовой поддержки, включения в соответствующие государственные программы промышленного и инновационного развития, а также путем льготного налогообложения и кредитования [25; 26].

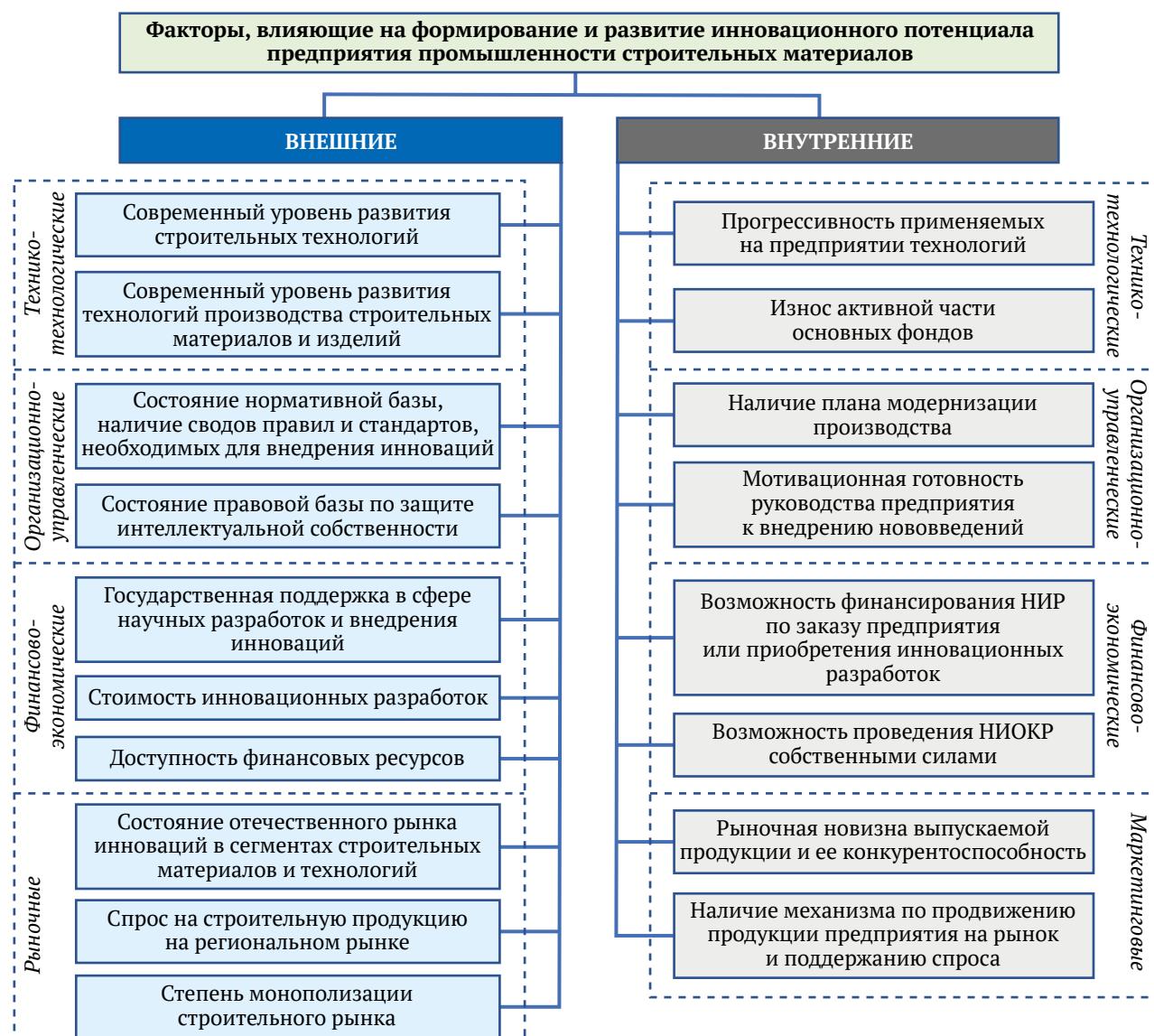


Рис. 1. Система факторов, обуславливающих формирование и развитие инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов

Fig. 1. System of factors determining the formation and development of the innovative potential of an enterprise in the building materials industry

Существенное влияние на формирование инновационного потенциала предприятий промышленности строительных материалов оказывает фактор монополизации строительного рынка. Очевидно, что при высоком уровне монополизации у производителей-монополистов отсутствует стремление к инновационному развитию, и только при повышении уровня конкуренции может возникнуть мотивация к инновационной деятельности.

Относительно факторов современного уровня развития строительных технологий и спроса на строительную продукцию необходимо указать следующее. Спрос на строительные материалы, изделия и конструкции не только по количественным параметрам, но и по номенклатуре напрямую зависит от темпов и видов строительства (жилищное, промышленное и пр.), а также от типов применяемых архитектурно-строительных систем (АСС) возводимых объектов. В случае применения строительными организациями региона традиционных строительных технологий потребность во внедрении нововведений в производство стройматериалов будет находиться на достаточно низком уровне, поскольку спрос на выпускаемую продукцию и, соответственно, доходность предприятий базы стройиндустрии сохранятся. Отметим, что в зависимости от климатических условий и специфики производственной базы строительства в регионах применяются различные АСС зданий, также могут существенно отличаться и темпы строительства. Именно поэтому фактор спроса на строительную продукцию нужно рассматривать в региональном аспекте.

В целом внешние факторы в зависимости от ситуации способны оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на процессы формирования и развития инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов. При отсутствии возможности управления внешними факторами предприятия должны учитывать их влияние в процессе планирования своей инновационной деятельности.

Укрупненная группа внутренних факторов представлена практически теми же подгруппами факторов, что и группа внешних, но с другим наполнением:

– технико-технологические – прогрессивность применяемых на предприятии технологий; износ активной части основных фондов;

– организационно-управленческие – мотивационная готовность руководства предприятия к внедрению нововведений; наличие плана модернизации производства;

– финансово-экономические – возможность финансирования НИР по заказу предприятия или приобретения инновационных разработок; возможность проведения НИОКР собственными силами;

– маркетинговые – рыночная новизна выпускаемой продукции и ее конкурентоспособность; наличие механизма по продвижению продукции предприятия на рынок и поддержанию спроса. Считаем, что название данной подгруппы по отношению к внутренним факторам более корректно, чем термин «рыночные», поскольку оно отражает сущность маркетинга на микроуровне.

Предложенная система факторов при относительно ограниченном количестве входящих в нее элементов содержит главные факторы, которые в наибольшей степени обуславливают создание и развитие инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов. В этом видится определенный положительный момент, поскольку при включении в перечень значительного числа факторов различной природы для обеспечения высокого уровня комплексности, их полноценный учет весьма затруднителен и зачастую нереализуем.

Формирование системы индикаторов инновационного потенциала, проводимое на 2-м шаге алгоритма, осуществлялось исходя из возможности реализации функции управления, принимая во внимание перечень обязательных показателей инновационной деятельности организации, содержащийся в форме статистической отчетности № 4 – инновация и включающий количество научно-исследовательских, проектно-конструкторских подразделений в организации, количество разработок, выполненных самостоятельно и (или) совместно с другими организациями, объем отгруженных инновационных товаров вновь внедренных или подвергавшихся усовершенствованию и др.

Всесторонний анализ особенностей проявления внутренних факторов показывает, что каждый из них определяет один или несколько индикаторов, характеризующих уровень инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов (рис. 2). При этом по количеству связей с индикаторами наиболее значимыми оказываются факторы мотивационной готовности руководства предприятия к внедрению нововведений, возможности финансирования НИР по заказу предприятия или приобретения инновационных разработок, возможности проведения НИОКР собственными силами.

Таким образом, в систему индикаторов инновационного потенциала предприятия промышленности строительных, отражающую технико-технологические, организационно-управленческие, финансово-экономические и маркетинговые факторы, включены уровень производственно-технического потенциала, коэффициент обеспеченности интеллектуальной собственностью в сфере технологий, уровень обновления номенклатуры продукции, число зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности, принадлежащих предприятию, и (или) используемых по лицензионным договорам, наличие отдела научно-исследовательских работ, наличие опытного производства, объем НИОКР, финансируемых предприятием [19; 27].

Исходя из вышеизложенного и с учетом результатов анализа системной взаимосвязи факторов и индикаторов, представленной на **рис. 2**, предложенная совокупность индикаторов представляет собой необходимую и достаточную для расчета инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов систему, понятную представителям производства. Схемы и методические подходы к расчету индикаторов представлены в **табл. 2**.

На заключительном 3-м шаге осуществлялась разработка схемы расчета показателя УИП предприятия промышленности строительных материалов на основе общего квадратического методического подхода, предполагающего учет значимости индикаторов, определенных на предыдущем шаге, что приведено в формуле [28–33]:

$$\text{УИП}_j = \sum_{i=1}^n M_i \frac{P_{ij}}{P_i^{\text{эт}}}, \quad (1)$$

где n – количество индикаторов, характеризующих инновационный потенциал промышленного предприятия; M_i – коэффициент весомости i -го индикатора; P_{ij} – значение i -го индикатора по j -му предприятию; $P_i^{\text{эт}}$ – наилучшее (эталонное) значение i -го индикатора по группе предприятий, вошедших в аналитическую базу.

Для определения коэффициентов весомости показателей, представленных в табл. 2, применен метод экспертных оценок, который выполнен в форме электронного анкетирования. В опросе приняли участие 12 экспертов, в том числе работников научно-образовательной сферы – 7 чел. и руководителей различного уровня предприятий промышленности строительных материалов Воронежской области в количестве – 5 чел.



Рис. 2. Системная взаимосвязь факторов и индикаторов инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов

Fig. 2. Systemic relationship of factors and indicators of the innovative potential of an enterprise in the building materials industry

Таблица 2 / Table 2

Номенклатура индикаторов оценки инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов

Nomenclature of indicators for assessing the innovative potential of enterprises in the building materials industry

Индикаторы	Сущность индикатора	Схема и методические подходы к расчету индикатора	Критерий оценки
Уровень производственно-технического потенциала (УПТ)	Отражает степень прогрессивности применяемых технологий и состояние ОПФ*	$УП_{птj} = 0,22 \cdot \frac{K_{\text{физ}}^{\text{cc min}}}{K_{\text{физ}}^{\text{cc}}} + 0,21 \cdot \frac{\Phi_{\text{в},j}}{\Phi_{\text{в}}^{\text{max}}} + 0,2 \cdot \frac{Д_{\text{акт}j}}{Д_{\text{акт}}} + 0,2 \cdot \frac{K_{\text{прт}j}}{K_{\text{прт}}^{\text{max}}} + 0,17 \cdot \frac{K_{\text{сов}j}}{K_{\text{сов}}^{\text{max}}},$ <p>где $K_{\text{физ}}^{\text{cc min}}$ – минимальное значение коэффициента физического износа по сроку службы из группы предприятий; $K_{\text{физ}j}$, $\Phi_{\text{в},j}$, $Д_{\text{акт}j}$, $K_{\text{прт}j}$ и $K_{\text{сов}j}$ – значения коэффициента физического износа по сроку службы, фондооруженности труда, доли активной части ОПФ, коэффициента прогрессивности технологий и соотношения коэффициентов обновления и выбытия j-го предприятия соответственно; $\Phi_{\text{в}}^{\text{max}}$, $Д_{\text{акт}}^{\text{max}}$, $K_{\text{прт}}^{\text{max}}$ и $K_{\text{сов}}^{\text{max}}$ – максимальные значения фондооруженности труда, доли активной части ОПФ, коэффициента прогрессивности технологий и соотношения коэффициентов обновления и выбытия из группы обследуемых предприятий соответственно</p>	Значение УП _{птj} > 0,75 соответствует высокой степени соответствия производственно-технического потенциала современному уровню технологического развития
Коэффициент обеспеченности интеллектуальной собственностью в сфере технологий ($K_{\text{ис}}$)	Показывает, насколько предприятие обеспечено уникальной интеллектуальной собственностью в виде патентов, лицензий и пр.	$K_{\text{ис}} = \frac{C_{\text{и}}}{A_{\text{вн}}},$ <p>где $C_{\text{и}}$ – интеллектуальная собственность; $A_{\text{вн}}$ – внеоборотные активы</p>	Значение $K_{\text{ис}} \geq 0,1$ соответствует высокому уровню обеспеченности предприятия интеллектуальной собственностью
Уровень обновления номенклатуры продукции ($УO_{\text{пп}}$)	Отражает долю вновь освоенной или модернизированной продукции в общем объеме выпущенной продукции за последние три года	$УO_{\text{пп}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{общ}}},$ <p>где $Q_{\text{н}}$ – объем произведенной за последние 3 года новой и модернизированной продукции, нат. ед.; $Q_{\text{общ}}$ – общий объем выпущенной продукции в течение последнего 3-летнего периода, нат. ед.</p>	Чем ближе значение УO _{пп} к 1, тем выше уровень обновления продукции
Число зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности, принадлежащих предприятию и (или) используемых по лицензионным договорам ($K_{\text{зоис}}$)	Характеризует возможность для привлечения финансовых средств, поиска партнеров, повышения имиджа и рыночной стоимости предприятия	Оценивается по фактическому количеству объектов интеллектуальной собственности	Чем больше количество объектов интеллектуальной собственности ($K_{\text{зоис}}$), тем выше вероятность привлечения финансовых ресурсов со стороны, деловая репутация и рыночная стоимость предприятия
Наличие отдела НИР ($I_{\text{НИР}}$)	Характеризует возможность предприятия самостоятельно осуществлять научные исследования по совершенствованию технологий, продукции и пр.	Оценивается по факту наличия или отсутствия	Индекс $I_{\text{НИР}} = 1$ обеспечивает формирование интеллектуальной собственности предприятия при минимуме затрат

* Акулова И.И. Обоснование стратегических направлений инновационного развития промышленности строительных материалов с учетом региональной специфики и современных вызовов. НИР: грант № 24-18-20051. Российский научный фонд; 2024. Режим доступа: <https://rscf.ru/project/24-18-20051/>

Окончание табл. 2 / End of Table 2

Индикаторы	Сущность индикатора	Схема и методические подходы к расчету индикатора	Критерий оценки
Наличие опытного производства ($I_{оп}$)	Характеризует возможность реализации достижений научно-технического прогресса на промышленной базе предприятия	Оценивается по факту наличия или отсутствия	Индекс $I_{оп} = 1$ обеспечивает внедрение научно-технических достижений при минимальных затратах
Объем НИОКР, финансируемых предприятием ($P_{ниокр}$)	Характеризует возможность предприятия привлекать к научным разработкам, направленным на упрочнение своей конкурентной позиции на рынке, сторонние организации	Оценивается объемом финансовых затрат на хоздоговорные и иные исследовательские работы сторонним организациям	Чем выше значение $P_{ниокр}$, тем больше возможность повышения конкурентоспособности предприятия при взаимодействии со сторонними научно-исследовательскими организациями

Таблица 3 / Table 3

Методика расчета коэффициентов весомости индикаторов инновационного потенциала промышленного предприятия
Methodology for calculating the weighting coefficients of indicators of the innovative potential of an industrial enterprise

Показатель	Значение балльной оценки (M) по экспертам (r)					Средний коэффициент весомости $M' = \sum M/r$	Общая сумма средних коэффициентов весомости $\sum M'$	Коэффициент весомости для каждого показателя $M_i = M' / \sum M'$
	1	r			
...
...

Обработка анкет и расчет коэффициентов весомости проведен по методике, представленной в табл. 3. При этом выполнялось условие:

$$\sum_{i=1}^n M_{ni} = 1. \quad (2)$$

Отметим, что соблюдение равенства (2) обеспечило сопоставимость проводимых расчетов вне зависимости от количества рассматриваемых показателей.

При коэффициенте конкордации, характеризующем степень согласованности мнений экспертов, близким к высокому значению 0,7 и составившем 0,682, расчет по методике, представленной в табл. 3, показал, что самым значимым в отражении инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов является индикатор наличия отдела научно-исследовательских работ (рис. 3). Это коррелирует с высокой значимостью фактора мотивационной готовности руководства предприятия к внедрению нововведений и фактора возможности проведения НИОКР собственными силами, которые находятся в прямой взаимосвязи (см. рис. 2) с данным индикатором.

С учетом изложенного формула для расчета УИП j -го предприятия выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{УИП}_j = & 0,169 \cdot \frac{\text{УП}_{\text{пп}j}}{\text{УП}_{\text{пп}}^{\max}} + 0,108 \cdot \frac{K_{\text{ис}j}}{K_{\text{ис}}^{\max}} + \\ & + 0,118 \cdot \frac{Y\text{O}_{\text{пп}j}}{Y\text{O}_{\text{пп}}^{\max}} + 0,103 \cdot \frac{K_{\text{зоис}j}}{K_{\text{зоис}}^{\max}} + \\ & + 0,195 \cdot I_{\text{нир}j} + 0,158 \cdot I_{\text{оп}j} + 0,149 \cdot \frac{P_{\text{ниокр}j}}{P_{\text{ниокр}}^{\max}}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\text{УП}_{\text{пп}j}$, $K_{\text{ис}j}$, $Y\text{O}_{\text{пп}j}$, $K_{\text{зоис}j}$ и $P_{\text{ниокр}j}$ – уровень производственно-технического потенциала предприятия, коэффициент обеспеченности интеллектуальной собственностью в сфере технологий, уровень обновления номенклатуры продукции, число зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности и объем финансирования НИОКР на j -м предприятии соответственно; $\text{УП}_{\text{пп}}^{\max}$, $K_{\text{ис}}^{\max}$, $Y\text{O}_{\text{пп}}^{\max}$, $K_{\text{зоис}}^{\max}$ и $P_{\text{ниокр}}^{\max}$ – максимальное значение уровня производственно-технического потенциала предприятия, коэффициента обеспеченности интеллектуальной собственностью в сфере технологий, уровня обновления номенклатуры продукции, зарегистрирован-

ных объектов интеллектуальной собственности и объема финансирования НИОКР из группы предприятий соответственно; $I_{\text{НИР}_j}$ и $I_{\text{оп}_j}$ – индексы, отражающие наличие (значение индекса равно 1) или отсутствие (значение индекса равно 0) на j -м предприятии отдела НИР и опытного производства соответственно.

Обсуждение результатов исследования

В соответствие с предложенной методикой осуществлена оценка инновационного потенциала ряда средних и крупных предприятий промышленности строительных материалов Воронежской области, выпускающих сборные железобетонные конструкции, силикатный и керамический кирпич: АО «Завод ЖБК» (г. Воронеж), АО «Завод ЖБИ-2» (г. Воронеж), ООО «ВЫБОР-ОБД» (г. Воронеж), ООО «СовТехДом» (г. Воронеж), Лискинский ПК СМТ «Стройиндустрия» – филиал АО «РЖДстрой» (г. Лиски, Воронежская обл.), ООО «Керамик» (г. Борисоглебск, Воронежская обл.).

Предварительное обследование предприятий показало, что большинство из них характеризуется недостаточной инновационной активностью, проявившейся в отсутствии планов внедрения новшеств и модернизации производства, мотивации руководства к выпуску именно инновационной, а не новой для предприятия, но фактически давно известной, продукции.

Исходные параметры для расчета инновационного потенциала региональных производителей строительных изделий и конструкций представлены в **табл. 4**.

В результате проведенных расчетов установлено, что уровень инновационного потенциала предприятий № 2, 3 и 4, попавший в диапазон от 0,25 до 0,5, соответствует низкому значению, а предприятий № 1, 5 и 6, не превысивший 0,25 – существенно низкому (**рис. 4**). И это при наличии в ряду рассмотренных предприятий отраслевых региональных лидеров.

Основной причиной выявленной ситуации является негативное влияние как внешних, так и внутренних факторов. В первую очередь среди внешних факторов следует указать характерные для настоящего момента причины: недостаточную государственную поддержку предприятий в сфере научных разработок и внедрения инноваций [34], дефицит нормативно-технической документации, сводов правил и стандартов, необходимых для внедрения инноваций, снижение доступности финансовых ресурсов ввиду высокой ключевой ставки ЦБ РФ. В уменьшении отрицательного воздействия этих факторов на формирование инновационного потенциала и инновационную деятельность предприятий промышленности строительных материалов положительные результаты окажет расширение мер финансовой поддержки и стимулирования НИОКР государственными органами управления, а также осуществление их функций по активизации создания и актуализации нормативно-правовой базы по применению инноваций. Повышение доступности финансовых ресурсов станет возможным при стабилизации экономической ситуации и эффективной финансово-кредитной политики ЦБ РФ.

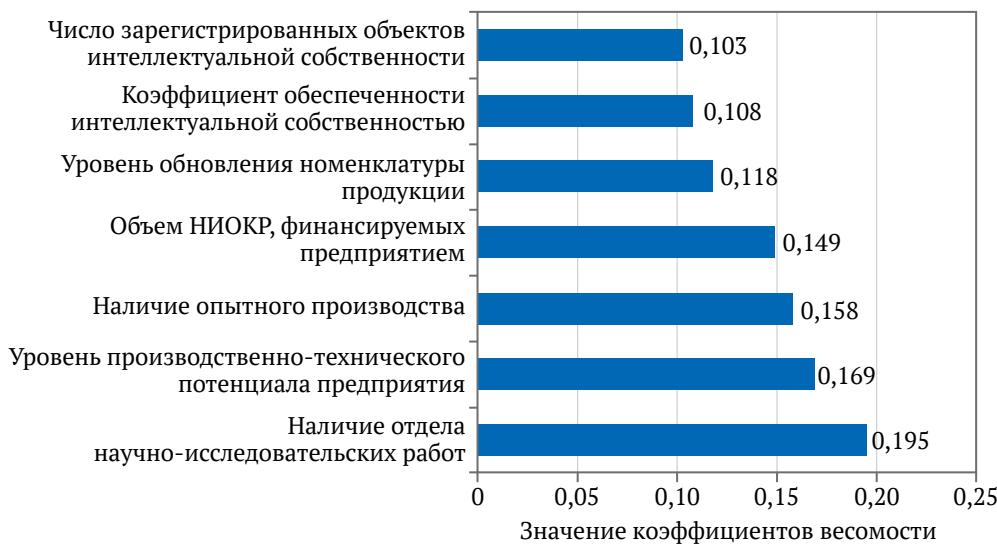


Рис. 3. Результаты расчета значений коэффициентов весомости индикаторов инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов
Fig. 3. Results of calculating the weighting coefficients for the innovation potential indicators of an enterprise in the building materials industry

Таблица 4 / Table 4

**Исходные данные для расчета инновационного потенциала предприятий
промышленности строительных материалов Воронежской области**

Initial data for calculating the innovative potential of enterprises in the building materials industry
of the Voronezh Region

Индикатор	Значение индикатора по предприятиям в 2024 г.					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Уровень производственно-технического потенциала	0,8	0,78	0,87	0,86	0,83	0,48
Коэффициент обеспеченности интеллектуальной собственностью в сфере технологий	0	0,00007	0,0003	0	0	0
Уровень обновления номенклатуры продукции	0	0,11	0	0	0	0
Число зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности, принадлежащих предприятию, и (или) используемых по лицензионным договорам, ед.	0	1	3	0	0	0
Наличие отдела НИР	0	0	0	0	0	0
Наличие опытного производства	0	0	0	0	0	0
Объем НИОКР, финансируемых предприятием, тыс. руб.	110	0	54	195	0	0

Примечание. В целях обеспечения конфиденциальности первичных данных наименования предприятий не приводятся.

В совокупности же внутренних факторов в своем негативном влиянии более прочих выделяются: 1) недостаточная мотивация руководства предприятий к внедрению нововведений, 2) отсутствие собственных финансовых средств на НИОКР и внедрение инноваций. Относительно первого фактора следует указать, что снижение его негативного влияния требует расширения системы господдержки инноваций и развития компетенций управленческого персонала. Относительно нивелирования влияния второго фактора положительную роль в условиях дефицита финансовых средств может сыграть применение техногенного сырья в производстве строительных материалов, которое следует рассматривать как элемент инновационной деятельности, соответствующий мировому тренду «зеленого» строительства. Большое количество разработок отечественных ученых по использованию техногенных ресурсов на российских предприятиях стройиндустрии (разработки научных школ Е.М. Чернышова [35], В.И. Калашникова [36], В.Г. Хозина [37] и др.) создает условия для минимизации затрат на НИР и НИОКР.

Апробированная методика в отличие от принятых подходов в отношении оценки инновационного потенциала, изложенных в трудах отечественных ученых (Н.П. Макаркин [9], С.С. Морковина [12], Е.Ю. Сидорова [13], О.В. Зубкова [15], Р.М. Сиразетдинов [18] и др.), базируется на авторском представлении инновационного

потенциала, предполагающем разделение понятия потенциала как возможности и понятия эффективности потенциала. Проблема оценки эффективности инновационного потенциала и его влияния на конкурентоспособность предприятия промышленности строительных материалов рассматривается авторами как следующий этап исследований.

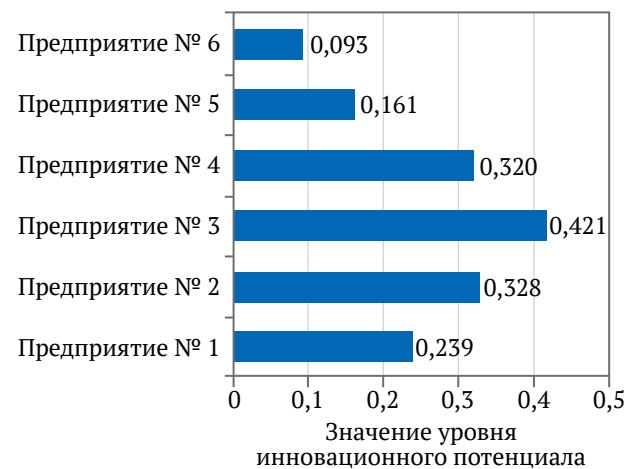


Рис. 4. Значение уровня инновационного потенциала предприятий промышленности строительных материалов Воронежской области

Fig. 4. Value of the level of innovation potential of enterprises in the building materials industry of the Voronezh Region

В качестве недостатков обсуждаемой методики следует обозначить некоторую долю субъективизма, обусловленную применением метода экспертных оценок при определении уровня инновационного потенциала, а также одного из показателей, вошедших в схему его расчета (формула (3)) – уровня производственно-технического потенциала предприятия. Отметим, что субъективизм характерен для всех эвристических методов, широко применяемых в научных исследованиях различного рода в случаях, когда отсутствует возможность количественных оценок. В целом это не снижает достоинства полученных результатов.

Заключение

Разработанная методика оценки инновационного потенциала предприятия промышленности строительных материалов опирается на авторское представление инновационного потенциала как возможности повышения его конкурентоспособности на основе инновационной деятельности. Задействованная в ней номенклатура индикаторов, сформированная в процессе анализа технико-технологических, организационно-управленческих, финансово-экономических и маркетинговых факторов, учитывает отраслевую специфику, требования статистической отчетности об инновационной деятельности организации, а также доступность первичной информации. Предложенный перечень индикаторов следует рассматривать в качестве базового

для оценки инновационного потенциала предприятий других отраслей и промышленных комплексов, который при необходимости может быть дополнен специфичными показателями.

Проведенные с применением разработанной методики расчеты в отношении ряда производителей сборных железобетонных конструкций, силикатного и керамического кирпича Воронежской области позволили подтвердить вывод, сформированный в процессе предварительного обследования, об их недостаточной инновационной активности. Полученная количественная оценка инновационного потенциала рассмотренных предприятий соответствовала либо низкому, либо существенно низкому уровню. Необходимо подчеркнуть, что выявленная пассивность региональных производителей строительных материалов, изделий и конструкций в отношении внедрения нововведений в перспективе может привести к утрате их конкурентоспособности и ухудшению позиции на строительном рынке.

Изложенные результаты исследования представляют практический интерес как для региональных органов управления при разработке стратегических документов развития строительной отрасли и ее производственной базы, а также для руководителей предприятий промышленности строительных материалов при планировании финансово-хозяйственной деятельности. Апробированная на примере Воронежской области методика оценки инновационного потенциала может быть использована и для других регионов.

Список литературы / References

1. Brodny J., Tutak M. Assessing the level of innovativeness and digitalization of enterprises in the European Union States. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2024;10(1):100210. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100210>
2. Zheng Yu., Lin Ch., Yan J., Guo Ya. How to enhance the innovation capacity of technology-based enterprises: A fuzzy set qualitative comparative analysis. *International Review of Economics and Finance*. 2025;97:103817. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103817>
3. Szklarz P. Innovators performance measurement Evidence based on intellectual assets utilization of enterprises in Poland. *Procedia Computer Science*. 2023;225(1):1514–1523. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.140>
4. Xing M., Gong Ch., Moon G., Ge X. Digital economy, dual innovation capability and enterprise labor productivity. *International Review of Financial Analysis*. 2025;101:104005. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2025.104005>
5. Акулова И.И., Славчева Г.С., Бабенко Д.С. Индекс инновационности как критерий уровня новизны строительных материалов и изделий. *Строительные материалы*. 2025;(8):64–74. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2025-838-8-64-74>
Akulova I.I., Slavcheva G.S., Babenko D.S. Innovation index as a criterion for the of building materials and products novelty level. *Construction Materials*. 2025;(8):64–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2025-838-8-64-74>
6. Матвеин В.Г., Дмитриевский Б.С., Попов Н.С., Дмитриева О.В. Интегрированная модель инновационно-производственной системы. *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. 2016;22(4):550–558. <https://doi.org/10.17277/vestnik.2016.04.pp.550-558>
Matveykin V.G., Dmitrievsky B.S., Popov N.S., Dmitrieva O.V. Integrated models of innovative production system. *Transactions of the Tambov Technical University*. 2016;22(4):550–558. (In Russ.). <https://doi.org/10.17277/vestnik.2016.04.pp.550-558>

7. Ильинская Е.М., Титова М.Н. Эффект синергии инновационного процесса в генерации научноемких производств. В кн.: *Технологические тренды и научноемкая экономика: бизнес, отрасли, регионы*. Под ред. О.Н. Кораблевой. СПб.: Центр научно-информационных технологий «Астерион»; 2021; 241–250. <https://doi.org/10.53115/9785001880134>
8. Календжян С.О., Коркин М.А. Направления развития инновационного потенциала предприятий промышленного комплекса. *Управление*. 2024;12(3):5–13. <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2024-12-3-5-13>
Kalendzhyan S.O., Korkin M.A. Directions for the development of the innovation potential of industrial enterprises. *Upravlenie = Management*. 2024;12(3):5–13. (In Russ.). <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2024-12-3-5-13>
9. Макаркин Н.П., Корнеева Н.В., Родькина И.И., Славкина Я.С. Оценка инновационного потенциала российских предприятий и повышение его эффективности. *Управленческий учет*. 2021;(7):109–118.
Makarkin N.P., Korneeva N.V., Rodkina I.I., Slavkina Ya.S. Assessment of the innovative potential of Russian enterprises and improvement of its effectiveness. *Upravlencheskii uchet = Management Accounting*. 2021;(7):109–118. (In Russ.)
10. Valitov Sh.M., Khakimov A.Kh. Innovative potential as a framework of innovative strategy for enterprise development. *Procedia Economics and Finance*. 2015;24:716–721. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00682-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00682-6)
11. Гуреев П.М., Гришин В.Н. Инновационный потенциал: проблемы определения и оценки. *Инновации*. 2017;(4(222)):89–92.
Gureev P.M., Grishin V.N. Innovation potential: the problem definition and assessment. *Innovatsii = Innovations*. 2017;(4(222)):89–92. (In Russ.)
12. Морковина С.С., Степanova Ю.Н. Инновационный потенциал предприятия: оценка и матрица возможностей. *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ)*. 2020;(2(70)):156–171.
Morkovina S.S., Stepanova Yu.N. Innovative potential of enterprise: assessment and matrix of opportunities. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta (RINKH) = Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH)*. 2020;(2(70)):156–171. (In Russ.)
13. Сидорова Е.Ю., Климова А.А., Тимохова Г.В. Развитие методических аспектов оценки инновационного потенциала экономической системы. *Экономика промышленности*. 2018;11(3):249–255. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2018-3-249-255>
Sidorova E.U., Klimova A.A., Timochova G.V. Development of methodical aspects of the assessment of the innovation potential of the economic system. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2018;11(3):249–255. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2018-3-249-255>
14. Гоман К.И. Элементный состав инновационного потенциала промышленных предприятий. *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*. 2021;12(2):36–42. <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-2-36-42>
Goman K.I. Element composition of the innovation potential of industrial enterprises. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*. 2021;12:(2):36–42. (In Russ.). <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-2-36-42>
15. Пушкарева М.В., Зубкова О.В. Методика оценки и анализа инновационного потенциала промышленного предприятия. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Экономика и менеджмент»*. 2023;17(3):108–121. <https://doi.org/10.14529/em230310>
Pushkareva M.V., Zubkova O.V. Methodology for assessment and analysis of the innovation potential of an industrial enterprise. *Bulletin of the South Ural State University. Series “Economics and Management”*. 2023;17(3):108–121. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/em230310>
16. Асташова Е.А., Погребцова Е.А., Дурнев С.И. Инновационный потенциал предприятия: сущность, содержание и методика оценки. *Креативная экономика*. 2022;16(3):925–940. <https://doi.org/10.18334/ce.16.3.114391>
Astashova E.A., Pogrebtskova E.A., Durnev S.I. Enterprise's innovative potential: essence, content and evaluation methodology. *Creative Economy*. 2022;16(3):925–940. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/ce.16.3.114391>
17. Синькова Ю.Н. Теоретико-методологические аспекты оценки инновационного потенциала и инновационной активности предприятия. *Научные исследования и разработки. Экономика*. 2018;6(1):60–65. https://doi.org/10.12737/article_5a8d55b2802474.78237782
Sin'kova Yu.N. Theoretical and methodological aspects of estimation of innovative potential and innovative activity of the enterprise. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki. Ekonomika = Scientific Research and Development. Economics*. 2018;6(1):60–65. (In Russ.). https://doi.org/10.12737/article_5a8d55b2802474.78237782
18. Устинова Л.Н., Сиразетдинов Р.М. Инновационный потенциал предприятия: сущность, структура, оценка. *Российское предпринимательство*. 2017;18(23):3751–3764. <https://doi.org/10.18334/rp.18.23.38616>
Ustinova L.N., Sirazetdinov R.M. Enterprise's innovative potential: essence, structure and assessment. *Russian Journal of Entrepreneurship*. 2017;18(23):3751–3764. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/rp.18.23.38616>
19. Liang N., Shi Yu., Chen Ya. R&D and operational efficiency in China's innovative high-tech enterprises: Empirical analysis with two-stage slack based

- measure data envelopment analysis and threshold regression. *Omega*. 2025;136:103342. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2025.103342>
20. Wang H., Zhang L., Xu D. Breakthrough technological innovation, market competition, and corporate competitive advantage. *Finance Research Letters*. 2025;76:107030. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.107030>
21. Xiang B., Pan Zh., Yu D., Zuo W. Detecting technology opportunities appropriate for enterprise R&D: The synthesis analysis of industrial technical windows and enterprise competition relations. *Technology in Society*. 2025;82:102951. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2025.102951>
22. Farida I., Setiawan D. Business strategies and competitive advantage: The role of performance and innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2022;8(3):163. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030163>
23. Byłok F. Relations between organizational factors and innovativeness of large enterprises in Poland. *Procedia Computer Science*. 2023;225(S1):4024–4034. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>
24. Havierniková K., Kordoš M., Dubček A. Factors affecting innovative activities of SMEs in Slovak regions. *SHS Web of Conferences*. 2019;61:01004. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196101004>
25. Ban G., Chankoson Th., Wang Yu. The impact of public policy on enterprise innovation performance: Panel data on financial subsidy policy. *Helijon*. 2025;11(1):e41230. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2024.e41230>
26. Zhong Zh., Chen Zh. Business environment, technological innovation and government intervention: influences on high-quality economic development. *Management Decision*. 2023;61(3):2413–2441. <https://doi.org/10.1108/MD-08-2022-1073>
27. Zhu G., Xia M. Intellectual property protection and enterprise collaborative innovation. *International Review of Economics and Finance*. 2025;102:104319. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104319>
28. Азгальев Г.Г., Костин А.В., Привень А.И., Смирнов В.В. Квалиметрия в измерении конкурентоспособности. *Большой консалтинг*. 2014;(2):22–25. Azgaldov G.G., Kostin A.V., Priven A.I., Smirnov V.V. Qualimetry in competitiveness measuring. *Bol'shoy konsalting*. 2014;(2):22–25. (In Russ.)
29. Френкель А.А., Сурков А.А. Определение весовых коэффициентов при объединении прогнозов. *Вопросы статистики*. 2017;(12):3–15. Frenkel A.A., Surkov A.A. Determination of weighting factors in combining forecasts. *Voprosy statistiki*. 2017;(12):3–15. (In Russ.)
30. Akulova I.I., Slavcheva G.S. A new approach to identifying top priority step for increasing the building materials competitiveness. In: *IOP Conf. series. Materials science and engineering. Inter. sci. and techn. conf. (FarEastCon 2020)*. 6–9 October 2020, Russkiy Island, Russia. Vladivostok, 28 January 2021. IOP Publishing Ltd; 2021. Vol. 1079. No. 032030. <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-12-45-50>
31. Akulova I.I., Slavcheva G.S., Simonov D.A. Methodological approaches to assessing the technical and economic efficiency of building materials and structures use. In: *E3S Web of conf. IV Inter. scient. Conf. "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development" (CATPID-2021 Part 1)*. Nalchik, Russian Federation, 01–05 July 2021. EDP Sciences – Web of Conferences; 2021. Vol. 281. No 08008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128108008>
32. Linden D., Cinelli M., Spada M., Becker W., Gasser P., Burgherr P. A framework based on statistical analysis and stakeholders' preferences to inform weighting in composite indicators. *Environmental Modelling & Software*. 2021;145:105208. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105208>
33. Shekhovtsov A. Evaluating the performance of subjective weighting methods for multi-criteria decision-making using a novel weights similarity coefficient. *Procedia Computer Science*. 2023;225:4785–4794. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.478>
34. Shaoa K., Wangb X. Do government subsidies promote enterprise innovation? Evidence from Chinese listed companies. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2023;8:100436. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100436>
35. Чернышов Е.М., Акулова И.И., Гончарова М.А., Сергуткина О.Р., Потамошнева Н.Д. Концепция, методология и прикладные решения проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов. *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2020;8(740):70–91. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-740-8-70-91>
Chernyshov E.M., Akulova I.I., Goncharova M.A., Sergutkina O.R., Potamoshneva N.D. Concept, methodology and applied solutions to the problem of construction and technological utilization of technogenic waste. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Stroitel'stvo = News from Higher Education Institutions. Construction*. 2020;8(740):70–91. (In Russ.) <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-740-8-70-91>
36. Калашников В.И., Тараканов О.В. О применении комплексных добавок в бетонах нового поколения. *Строительные материалы*. 2017;1-2:62–67. https://elibrary.ru/download/elibrary_28392793_43921334.pdf
Kalashnikov V.I. & Tarakanov O.V. On the use of complex additives in new generation concretes. *Stroitel'nyye materialy = Building materials*. 2017;1-2:62–67. (In Russ.). https://elibrary.ru/download/elibrary_28392793_43921334.pdf
37. Хозин В.Г., Хохряков О.В., Сигбатуллин И.Р. *Карбонатные цементы низкой водопотребности*: монография. М.: ACB; 2021. 366 с. https://elibrary.ru/download/elibrary_54107302_64700601.pdf

Информация об авторах

Инна Ивановна Акулова – д-р экон. наук, профессор, кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Воронежский государственный технический университет, 394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4061-8684>; e-mail: akulovaii@yandex.ru

Светлана Сергеевна Уварова – д-р экон. наук, профессор, кафедра инноватики и строительной физики имени профессора И.С. Суровцева; кафедра цифровой и отраслевой экономики. Воронежский государственный технический университет, 394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9385-8182>; e-mail: uvarova_s.s@mail.ru

Галина Станиславовна Славчева – д-р техн. наук, доцент, кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Воронежский государственный технический университет, 394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8800-2657>; e-mail: gslavcheva@yandex.ru

Дмитрий Сергеевич Бабенко – младший научный сотрудник научно-образовательного центра строительного материаловедения «Инженерная школа “Строительство”». Воронежский государственный технический университет, 394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7652-9229>; e-mail: babenko.dmitrii@bk.ru

Information about the authors

Inna I. Akulova – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Voronezh State Technical University, 84 20 letiya Oktyabrya Str., Voronezh 394006, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4061-8684>; e-mail: akulovaii@yandex.ru

Svetlana S. Uvarova – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Voronezh State Technical University, 84 20 letiya Oktyabrya Str., Voronezh 394006, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9385-8182>; e-mail: uvarova_s.s@mail.ru

Galina S. Slavcheva – Dr.Sci. (Eng.), Associate Professor, Voronezh State Technical University, 84 20 letiya Oktyabrya Str., Voronezh 394006, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8800-2657>; e-mail: gslavcheva@yandex.ru

Dmitriy S. Babenko – Junior Researcher, Voronezh State Technical University, 84 20 letiya Oktyabrya Str., Voronezh 394006, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7652-9229>; e-mail: babenko.dmitrii@bk.ru

Поступила в редакцию 13.07.2025; поступила после доработки 20.11.2025; принята к публикации 20.11.2025

Received 13.07.2025; Revised 20.11.2025; Accepted 20.11.2025

**Компетентностный подход к развитию производственной системы
в условиях быстрого инновационного роста
высокотехнологичных предприятий**

О.Е. Подвербных ✉, Р.Г. Галеев, С.М. Самохвалова , Е.Л. Соколова 

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
660059, Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», д. 31, Российской Федерации*

✉ podverbnih@sibsau.ru

Аннотация. Задачи обеспечения промышленного суверенитета задают вектор ускоренного роста российского высокотехнологичного сектора. При всех возможностях государственной поддержки высокотехнологичной промышленности, цифровизации и материального обеспечения производственных процессов, главным активом инноваций являются человеческие ресурсы. В то же время скорость разработок и выполнения заказов возрастает за счет развития производственной системы и внедрения бережливого производства. Стремление к скорости и одновременной глубине и масштабу инноваций содержит значительные управленческие риски, связанные с потерей ключевых ценностей и приоритетов предприятий. Внедрение принципов, методов и инструментов компетентностного подхода в ходе организационного проекта развития производственной системы позволяет планомерно и сбалансированно добиваться неразрушающего инновационного роста при снижении всех видов потерь и непрерывном совершенствовании процессов.

Рекомендации, представленные в исследовании, включают методику планирования проекта развития производственной системы, разработанную на основе подходов: компетентности, определения риск-ориентированных инструментов, пространственного и хронологического в управлении изменениями при разработке модели компетенций персонала. Теоретическая модель исследования получила практическое воплощение в планировании проекта развития производственной системы на высокотехнологичном предприятии Красноярского края, реализующего стратегию быстрого инновационного роста.

Ключевые слова: производственная система, высокотехнологичные предприятия, Красноярский край, быстрый инновационный рост

Для цитирования: Подвербных О.Е., Галеев Р.Г., Самохвалова С.М., Соколова Е.Л. Компетентностный подход к развитию производственной системы в условиях быстрого инновационного роста высокотехнологичных предприятий. Экономика промышленности. 2025;18(4):591–603. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1534>

**Competence-based approach to the development of the production system
in the context of rapid innovative growth of high-tech enterprises**

O.E. Podverbnykh ✉, R.G. Galeev, S.M. Samokhvalova , E.L. Sokolova 

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
31 Krasnoyarsky Rabochy Ave., Krasnoyarsk 660037, Russian Federation*

✉ podverbnih@sibsau.ru

Abstract. The tasks of ensuring industrial sovereignty set the vector for the accelerated growth of the Russian high-tech sector. With all the possibilities of state support for the high-tech industry, digitalization and material support of production processes, the main asset of innovation is human resources. At the same time, the speed of development and order

fulfillment increases due to the development of the production system and the introduction of lean manufacturing.

The desire for speed and simultaneous depth and scale of innovation contains significant management risks associated with the loss of key values and priorities of enterprises. The introduction of the principles, methods and tools of the competency-based approach during an organizational project for the development of a production system allows us to systematically and balancedly achieve non-destructive innovative growth while reducing all types of losses and continuous improvement of processes.

The recommendations presented in the study include a methodology for planning a production system development project, developed on the basis of a competency-based approach, identifying tools for integrating a risk-based approach, a spatial and chronological approach to change management when developing a personnel competency model. An analysis of the applicability of the theoretical research model was carried out in the practice of planning a project for the development of a production system at a high-tech enterprise in the Krasnoyarsk Territory, implementing a strategy of rapid innovative growth.

Keywords: production systems development, high-tech enterprises, management competencies, rapid innovative growth

For citation: Podverbnykh O.E., Galeev R.G., Samokhvalova S.M., Sokolova E.L. Competence-based approach to the development of the production system in the context of rapid innovative growth of high-tech enterprises. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):591–603. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1534>

在高科技企业快速创新增长的背景下生产系统发展的能力方法

O.E.波德韦尔布内赫 , R.G.加利耶夫, S.M.萨莫赫瓦洛娃 , E.L.索科洛娃

西伯利亚国立列舍特涅夫科技大学,
660059, 俄罗斯联邦克拉斯诺亚尔斯克市克拉斯诺亚尔斯克工人大街31号
 *podverbnih@sibsa.ru*

摘要：确保工业主权的目标为俄罗斯高技术产业的加速发展指明了方向。尽管国家为高科技产业，数字化和生产过程的物质保障提供了诸多支持，但人力资源仍然是创新的主要资产。与此同时，通过生产系统的完善和精益生产的实施，研发速度和订单交付效率也在不断提高。在创新中追求速度、深度和规模蕴藏着巨大的管理风险，可能导致企业核心价值和优先事项的丧失。在组织的生产系统发展项目中引入能力导向的原则、方法和工具，能够系统、平衡地实现非破坏性的创新增长，同时减少各种损失并持续改进流程。

研究中提出的建议包括一套生产系统发展项目的规划方法，该方法基于以下几种方法：能力；风险导向型工具识别；以及在构建人员能力模型时使用的空间和时间变更管理。该研究的理论模型在克拉斯诺亚尔斯克边疆区一家高科技企业的生产系统发展项目规划中得到了实践应用，该企业正在实施快速创新增长战略。

关键词：生产系统，高科技企业，克拉斯诺亚尔斯克边疆区，快速创新增长

Введение

Распоряжением от 9 сентября 2023 г. № 2436-р Правительство Российской Федерации утвердило Сводную стратегию развития обрабатывающей промышленности России до 2030 года и на период до 2035 года (далее – Стратегия). Как отметил председатель Правительства РФ М.В. Мишустин, основная цель Стратегии – практически 1,5-кратный рост индекса обрабатывающих производств в сравнении с 2019 г. и увеличении производительности труда в промышленности в 2 раза. К 2030 г. количество организаций, осуществляющих технологические инновации, должно увели-

читься с текущих 28 до 40 %. Министр промышленности и торговли РФ Д.В. Мантуров отметил, что реализация Стратегии будет базироваться на дальнейшем расширении реализации системы бережливого производства.

Еще одной институциональной рамкой, за дающей вектор развития промышленности, стала Концепция технологического развития Российской Федерации до 2030 года. В документе определены две основные формы обеспечения технологического суверенитета: 1) исследования, разработка и внедрение критических и сквозных технологий (по установленному перечню);

2) производство высокотехнологичной продукции, основанного на критических и сквозных технологиях [1; 2]. Инструментальным катализатором выполнения указанных программных документов на микроуровне является управлеченческая методология бережливого производства¹.

Для того чтобы компетенции бережливого производства стали базовой корпоративной ценностью, не входя в противоречие с принципами качества и успешным производственным опытом, в стране уже более 5 лет осуществляется Национальный проект «Производительность труда»², направленный на повышение экономической устойчивости промышленных инновационно-ориентированных предприятий [3]. Меры поддержки развития производственных систем позволили многим предприятиям страны пересмотреть базовые принципы организации труда и производственных процессов, благодаря чему бережливое производство становится осознанным поведенческим индикатором на всех уровнях организационной иерархии³.

Философия, методология бережливого производства многократно подтверждала свою эффективность на предприятиях разного масштаба и различных видов экономической деятельности. Данное исследование базируется на концепции бережливой производственной системы. Однако условие «слепого копирования» не работает с продвинутой управлеченческой технологией. Даже обладая высоким научно-исследовательским запасом, предприятие не сможет соответствовать растущим темпам роста новых сложных заказов, если не снимет риски хаотичного менеджмента, сфокусировавшись на создании компетенций развития производственной системы в условиях быстрого инновационного роста.

Цель данного исследования состоит в теоретическом обосновании и разработке совокупности практик компетентностного подхода для развития производственной системы в условиях быстрого инновационного роста высокотехнологичных предприятий.

Компетентностный подход является ключевым для исследования. Формирование и реализация компетенций развития производственной системы у руководителей и исполнителей

создает эффект мотивационной, организационной готовности руководителей и исполнителей к внедрению в рутинные практики принципов бережливого производства. Как известно, наиболее сложно реализуются новшества, требующие ежедневных усилий всех участников процессов, поэтому еще одним подходом к исследованию стал хронологический подход к управлению организационными изменениями.

Для любого современного предприятия изменения – это уже норма текущей деятельности. Предприятия теряют 109 миллионов долларов на каждый миллиард инвестиций в программы и проекты изменений⁴. Если в традиционной практике длительность проекта системных организационных изменений может составлять от 5 до 8 месяцев, а горизонт стратегического планирования – от 3 до 5 лет, то в настоящих условиях российская система управления имеет в запасе максимум полгода при сужении горизонта стратегического планирования до двух-трех лет.

Рассматриваемые в данном исследовании изменения носят характер быстрого инновационного развития – гибкая разработка и параллельная реализация количественных, качественных и структурных организационных изменений состава и способов соединения элементов производственной системы создания технологически и (или) функционально нового продукта под сверхсрочные требования внешнего заказчика. Мобильная оценка лучших возможностей и рисков таких изменений требует расстановки приоритетов – прежде всего заниматься решением именно тех проблем, которые связаны с наибольшими последствиями и рисками достижения поставленных целей. Таким образом, в исследовании использован риск-ориентированный подход, выраженный в приоритетах формирования компетенций, способных влиять на минимизацию рисков перестройки бизнес-процессов.

Задачи исследования состоят в обосновании лучших практик компетентностного подхода для преобразования бизнес-процессов под новые скорости выполнения научно-исследовательских заказов, разработке методики планирования проекта развития производственной системы на основе компетентностного подхода, определении инструментов интеграции риск-ориентированного подхода, пространственного и хронологического подхода к управлению изменениями при разработке модели компетенций персонала, анализ

¹ Доклад Дениса Мантурова о Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности (2023 год, № 24). Режим доступа: <http://government.ru/meetings/49325/stenograms/> (дата обращения: 14.02.2024).

² Там же.

³ Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности. Выпуск № 5. М.: ООО «Портал «Управление производством»; 2022. 79 с.

⁴ 5 причин, по которым проекты терпят неудачу. Режим доступа: <https://pmjournal.ru/articles/biznes-stati/5-prichin-po-kotorym-proekty-terpyat-neudachu/> (дата обращения: 11.04.2024).

применимости теоретической модели исследования в практике планирования проекта развития производственной системы на высокотехнологичном предприятии Красноярского края.

Литературный обзор

Исследование опирается на значительную базу разработок и рекомендаций, выработанных по трем направлениям: 1) бережливому производству и бережливым производственным системам; 2) компетентностному подходу и его приложению к задачам бережливого производства; 3) риск-менеджменту в контексте организационных изменений, связанных с внедрением бережливого производства и производственных систем.

Формирование производственных систем как основы для внедрения бережливого производства детализировано в прикладном формате в работах М.Т. Вейдера (M.T. Vader) [4], Д.П. Вумека (D.P. Vumek) [5]. Такие инструменты бережливого производства, как 5С («точно вовремя»), применительно к рабочим кадрам рассмотрено группой разработчиков издательства Productivity Press [6], Х. Хирано (Kh. Khirano) [7]. Специфике целеполагания и содержания производственной системы посвящены исследования В.Л. Попова [8], С. Синго (S. Singo) [9]. Возможности совершенствования непроизводственных процессов промышленных предприятий изучены Р. Маурером (R. Maurer) [10].

Для интеграции компетентностного подхода в разработку методики планирования проекта развития производственной системы интересны работы Ф. Диллингер (F. Dillinger) [11], Дж. Энке (J. Enke) [12]. В работе Ж. Хриссолурис (G. Chryssolouris) [13] предложен подход к формированию компетенций управления производственной системой в формате «Обучающей фабрики».

Прямая связь развития производственной системы с совершенствованием бизнес-процессов требует изучения концепций и технологий процессного подхода. В основе исследования лежат труды⁵ [14–17]. Влияние риск-менеджмента на эффективность производственной системы, а также инструменты риск-менеджмента в управлении производством изучались Дж. Мояяно-Фуентес (J. Moyano-Fuentes) [18], Б. Ритчи (B. Ritchie) [19], Ж. Мародин (G. Marodin) [20], Т. Амар и др. (T. Amare et al.) [21] указывают, что эффективность производственной систе-

мы и использование технологий бережливого производства в значительной мере зависят от приверженности руководителей верхнего звена, финансовой поддержки и обучения работников. Исследователи С. Шумахер и др. (S. Schumacher et al.) на основе выполненного обзора 1600 источников делают вывод, что результаты развития производственной системы повышаются при условии цифровизации промышленных бережливых технологий [22].

Теоретическая модель исследования

По критериям масштабности, глубины и скорости продвижения бережливого производства на предприятии можно выделить три базовых модели формирования производственной системы.

Первая модель, которую по аналогии с zero-approach⁶ в бизнес-процессах, можно назвать «построение идеальной производственной системы с нуля». Модель уместна, когда предприятие обладает работающей в цифровом формате моделью бизнес-процессов, развитым проектным управлением и бездефицитным ресурсным обеспечением, где ключевым является достаточность компетенций персонала. Это могут быть быстрорастущие предприятия big-tech сектора, относящиеся к современному бизнесу. Вторая модель масштабного разворачивания бережливого производства возможна как базовый проект в рамках стратегической программы лидерства по объемам и стоимости на рынке; в этом случае фактором успеха становится развитая система технико-экономического планирования и управления себестоимостью, сильное собственное ИТ-подразделение, являющееся центром разработки, вновь созданное подразделение управления производственной системой, при этом на предприятии может отсутствовать подразделение бизнес-анализа или организационного проектирования. В данный сегмент попадают ритейлинговые компании, среднетехнологичные холдинговые структуры, компании-застройщики.

Третий вариант развертывания бережливого производства может быть предложен крупным производственным предприятиям, обладающим наукоемкими технологиями, значительной историей и достижениями, находящимися вне пула процессного, проектного управления. Руководители такого предприятия характеризуются высокой приверженностью отрасли и продукту, исключительным интеллектуальным потенциа-

⁵ Экспресс-метод оптимизации бизнес-процессов. Деловой мир. 5 мая 2010. Режим доступа: https://delovoymir.biz/ekspress_metod_optimizacii_biznes_processov_abc_analiz.html (дата обращения: 10.09.2023).

⁶ Забулонос А.Б. Реинжиниринг: практические подходы к реорганизации. Режим доступа: <https://www.cfin.ru/press/management/2002-1/09.shtml> (дата обращения: 11.04.2024).

лом, что позволяет им принимать решения в русле интуитивного эмпирического менеджмента, добиваясь значимых результатов за счет мощного мобилизационного корпоративного ресурса и доверия со стороны трудового коллектива.

В третьем варианте модели внедрение бережливого производства можно рассматривать как одно из следствий масштабной программы стратегической организационной трансформации на основе иерархии управленческих решений. Ключевой движущей силой для серьезных изменений становится внешние требования ускоренного инновационного роста.

Учитывая, что третий вариант модели развития производственной системы нельзя признать эффективным, крупным промышленным высокотехнологичным предприятиям следует избегать его, ориентируясь на модель развития производственной системы второго типа (модель на основе принятия решений) [17]. Тем более что такие предприятия, в основном, входят в холдинги или корпорации, располагающие возможностями разработки типового проекта развития

производственной системы и масштабирования его на уровень предприятий.

Методика планирования проекта развития производственной системы (рис. 1) основана на компетентностном, процессном, риск-ориентированном подходе и подходе пространственных организационных изменений.

Субъекты методики обозначены условно как группа бизнес-анализа и развития, группа обучения и развития, команда изменений, ответственная за проект развития производственной системы. Управляющий поток процесса в методике проходит по вектору идентификации компетенций руководителей, специалистов предприятия, участников команды развития производственной системы. Целью преобразований в условиях быстрого инновационного роста является поиск возможностей сокращения всех видов производственных потерь. Для этого изначально аналитики провели экспресс-анализ бизнес-процессов верхнего уровня «как есть», чтобы выявить совокупность процессов, имеющих потенциал улучшения.

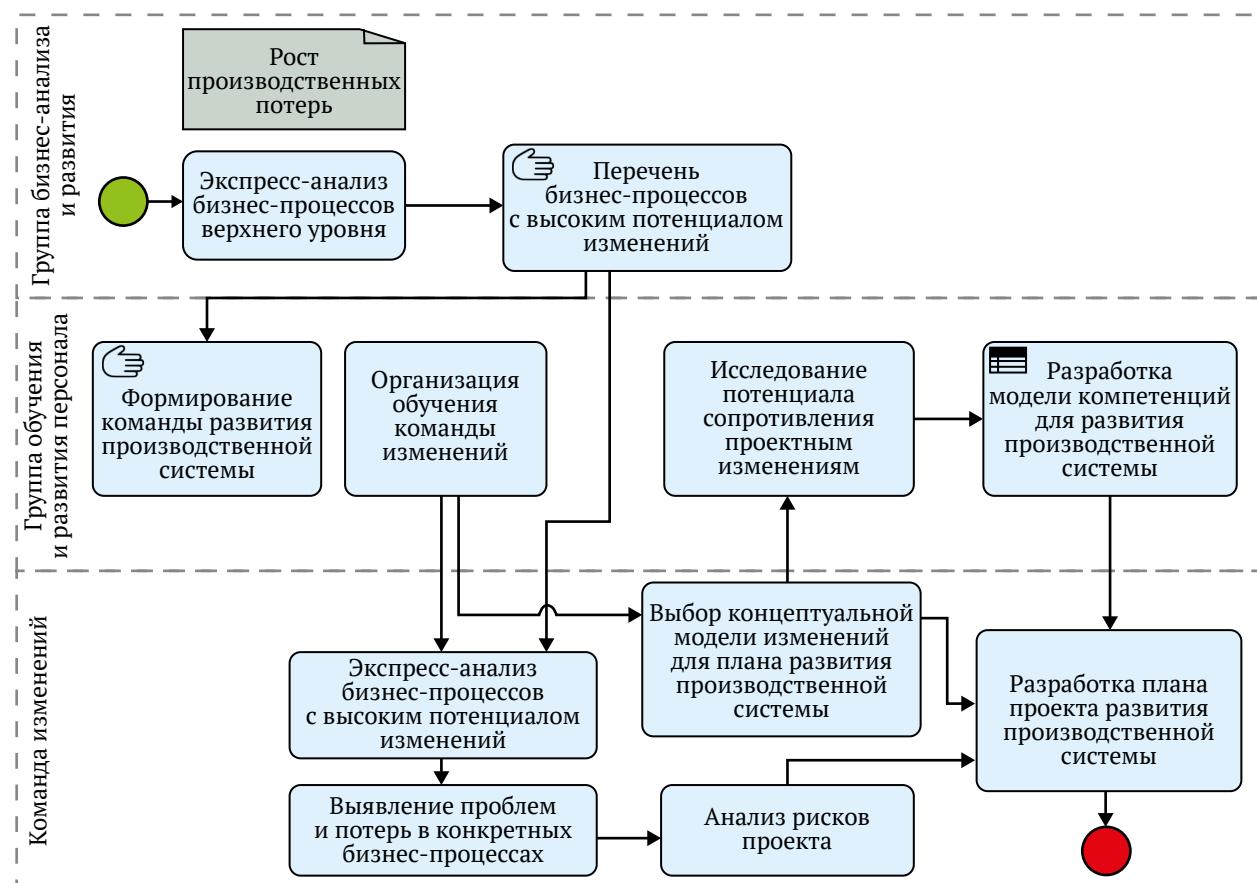


Рис. 1. Методика планирования проекта развития производственной системы высокотехнологичного предприятия

Fig. 1. Methodology for planning a project for the development of a production system of a high-tech enterprise

Далее необходимо сформировать команду развития производственной системы из числа руководителей, ключевых специалистов, выполняющих по сути функции владельцев данных процессов. В рамках реализации программы развития бережливого производства на одном из крупнейших высокотехнологичных предприятий Красноярского края авторами исследования проведено обучение команды инструментам бережливого производства, технологиям управления организационными изменениями.

Обучающий курс носил проектный характер, предполагая выполнение участниками команды проектно-аналитических заданий для выявления проблем и «узких» мест в конкретных бизнес-процессах.

Для создания плана проекта развития производственной системы команда проекта формирует пространственно-хронологическую логику изменений, определяет риски проекта и совместно с кадровой службой факторы сопротивления персонала изменениям. В дальнейшем это позволяет создать модель компетенций развития производственной системы для всего предприятия, что обеспечивает более содержательное наполнение плана проекта развития бережливого производства.

Поясним методы и инструменты в рамках методики. Экспресс-метод анализа бизнес-процессов разработан компанией IBM в 80-х годах XX в. Далее, в 90-х гг. компании General Electric и Ford Motor модифицировали и использовали метод для производственных предприятий [23]. Метод основан на описании схемы, отражающей основные корпоративные бизнес-процессы в их взаимосвязи. Затем проводился ABC-анализ, в основе которого лежит правило Парето. Этот анализ позволяет выделить небольшое число наиболее значимых бизнес-процессов, которым и нужно уделить основное внимание. Для этого все бизнес-процессы делятся на три группы – А, В и С. К группе А относятся процессы, требующие наибольших затрат. Как правило, это 5–10 % от всех процессов, происходящих на предприятии, на которые приходятся 75–80 % всех затрат. В группу В входят примерно 20 % бизнес-процессов, к которым относятся примерно 10–20 % затрат, и, наконец, группу С составляют остальные 60–75 % процессов, потребляющих всего 5–10 % затрат предприятия. Любые действия по улучшению работы предприятия должны начинаться с оптимизации процессов группы А.

В ходе обучения команды формирования производственной системы закладываются основы для всех последующих действий в рамках

методики. Синтез двух наиболее популярных моделей изменений Дж. П. Коттера и К. Левина [24] в единую пространственно-хронологическую модель позволяет определить первичную декомпозицию работ в рамках базового плана проекта развития производственной системы (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

**Пилотный вариант базового плана проекта
развития производственной системы**

Pilot version of the basic plan for the production system development project

Элементы модели изменений Дж.П. Коттера, модели «Поле сил» К. Левина [24]	Декомпозиция работ в рамках проекта развития производственной системы
Создание у коллектива потребности в изменениях	Проведение массового внутрикорпоративного обучения по тематике бережливого производства
	Анкетирование обучающихся на предмет готовности к организационным изменениям
Определение проблем и их причин, сил, движущих и сдерживающих изменения	Выполнение обучающимися проектно-аналитического задания по результатам обучения
	Выявление фокус-пакета профессионально-деловых, управленческих и личностных компетенций
Формирование команды реформаторов	Публичная защита проектно-аналитических заданий
	Оценивание уровня проявления фокус-пакета компетенций
Определение видения и стратегии	Стратегирование приоритетов изменений, разработка программы изменений, стратегические сессии команды реформаторов
Пропаганда программы изменений	Открытая визуализация планов изменений
Создание условий для участия всех сотрудников в изменениях	Декомпозиция программы изменений на функциональные тактические и операционные планы, промежуточный контроль исполнения
Быстрые победы	Выбор полигона для внедрения изменений, тестовое внедрение элементов плана изменений, трансляция результатов в публичное поле
Продолжение внедрения/институционализация	Пересмотр и контроль исполнения новых стандартов и регламентов работы

Рассмотрим два инструмента, непосредственно определяющих состав компетенций развития производственной системы руководителей и работников.

Приложение компетентностного подхода в ситуации ускоренной подготовки и принятия решений о развитии производственной системы, обозначенной ранее как главный принцип выполнения требований интенсивного инновационного роста, требует разработки библиотеки управленческих компетенций – для руководителей высшего звена, личностных и профессионально-деловых компетенций – для руководителей среднего звена и исполнителей. В качестве ориентира для формирования библиотеки управленческих компетенций предлагаем модель анализа причин сопротивления изменениям П. и Б. Кросби. Данная модель преобразована нами посредством переформулирования причин сопротивления изменениям в управленческие компетенции создания и поддержки в коллективе готовности к изменениям (табл. 2). Преобразование причин сопротивления изменениям – это первый инструмент для определения состава компетенций развития производственной системы.

В ходе трансформации модели П. и Б. Кросби, ряд факторов сопротивления не были учтены вследствие проблематичности перевода в формат компетенций. Избыточное число компетенций позволяет выбирать конкретные компетенции из библиотеки под задачи проекта изменений конкретного предприятия с учетом анкетирования о причинах сопротивления по модели Кросби при условии возникновения такового в качестве значимого барьера проекта.

Вторым инструментом – логическим продолжением оценки рисков проекта и проблемного анализа бизнес-процессов является таблица выбора компетенций риск-ориентированного развития производственной системы. Ход построения таблицы таков: выявляется состав рисков проекта, определяются наиболее существенные (разрушительные) для производственной системы риски. Затем существенные риски сопоставляются с проблемами бизнес-процессов и создается спецификация риск-компетенций развития производственной системы.

Организационным условием, запускающим проект развития производственной системы, как отмечено в логической схеме (см. табл. 2), выступает масштабное корпоративное обучение, ориентированное приобретение руководителями и сотрудниками компетенций роста производительности труда с использованием технологий и инструментов бережливого производства. Про-

грамма обучения должна включать как непосредственно освоение навыков нахождения разрывов в процессах и их «расшивке», так и развитие компетенций проведения изменений, командной работы и коммуникаций. По завершению обучения необходимо предусмотреть защиту итоговой работы, представляющей проект совершенствования деловых и технологических процессов на уровне самостоятельных структурных подразделений.

Лучшим вариантом формирования группы для проведения обучения является сквозной вертикально-иерархический принцип включения в группу как руководителей всех уровней, так и специалистов. В данном случае целесообразно придать формату работы дуальную направленность:

1. В работе для руководителей высшего звена сделан акцент на поиск направлений совершенствования на уровне верхних бизнес-процессов предприятия.

2. В работе для руководителей среднего, нижнего звена и специалистов необходимо выявить потери на уровне бизнес-процессов подразделения.

3. Оба типа работ должны предполагать выделение бизнес-процессов, имеющих потенциал совершенствования, выявление ключевой проблемы в данном процессе и определение ее причин с использованием диаграммы Исиавы.

Практика исследования

Верификация изложенных методических предложений проведена на одном из крупнейших высокотехнологичных предприятий Красноярского края, нацеленном на оперативную перестройку и масштабирование процессов инновационного роста. В рамках статьи изложена часть проекта развития производственной системы, касающаяся разработки и реализации корпоративного обучения и выбора приоритетов роста производительности в инновационных процессах. Реализованная в нескольких раундах программа обучения предназначена для руководителей и ключевых категорий работников различных уровней производственных и непроизводственных подразделений, формирующих «техноядро» предприятия.

В ходе обучения команда сформирована без учета первичного экспресс-анализа бизнес-процессов верхнего уровня, но при этом воспроизведено соотношение представительства четырех уровней организационной структуры предприятия. Прошло обучение 35 чел., из них 5 чел. – руководители высшего звена, 18 – руководители среднего звена, 6 – руководите-

ли нижнего звена, 6 чел. – специалисты. Группа сформирована по кроссфункциональному принципу совместного обучения представителей завода (47 %), конструкторского бюро, технологов и вспомогательных подразделений (53 %).

Объединение на корпоративном курсе, предполагающем полноценное групповое погружение

в учебно-проектные задачи представителей всех дивизионов и всех уровней организационной структуры предприятия, позволило достичь высокого доверия, стремления к достижению общекомандного результата, готовности к решению проблем (даже учебных) в формате сотрудничества и ролевого контракта внутри команд.

Таблица 2 / Table 2

Библиотека управленческих компетенций развития производственной системы высокотехнологичного предприятия в условиях быстрого инновационного роста
Library of management competencies for developing the production system of a high-tech enterprise in conditions of rapid innovative growth

Причины сопротивления проекту организационных изменений по шкале П. и Б. Кросби [25]	Управленческие компетенции развития производственной системы высокотехнологичного предприятия
Неясность цели перемен	Способность определить внятное и адекватное видение цели изменений в организации
Непонимание смысла изменений	Умение донести цель и смысл изменений с фокусом на специфику сотрудников
Невовлеченность в процесс планирования (вовлечение)	Способность предусмотреть и реализовать меры по вовлечению сотрудников в планирование изменений
Плохое взаимопонимание между людьми, обеспечивающими понимание сути перемен	Обеспечение единства целеполагания и задач проекта
Физическая, умственная и эмоциональная цена перемен слишком высока (цена)	Готовность обеспечить набор стимулов, актуальных с точки зрения участников проекта
Награда, ожидающая сотрудников в результате изменений, недостаточна	
Сотрудники считают, что перемены не будут соответствовать основным моральным ценностям организации	Способность соотнести цель и задачи проекта с ценностями предприятия
Недостаточная поддержка перемен со стороны авторитетных представителей организации	Способность привлечь к реализации проекта авторитетных работников – неформальных лидеров
Отсутствие у организации достаточных ресурсов для проведения перемен	Готовность создать достаточный пул ресурсного обеспечение проекта
Возможное отрицательное влияние перемен на производственный бюджет	Умение прогнозировать экономические эффекты проекта
Слишком медленное или слишком быстрое осуществление перемен	Умение обеспечить этапность реализации проекта
Влияние перемен на основные ключевые характеристики деятельности сотрудников	Способность проектировать траектории развития сотрудников с учетом потенциала изменений
Плохо продуманные перемены (недоверие к очередному изменению)	Разработка плана проекта с учетом анализа сильных и слабых сторон предыдущих проектов предприятия. Учет лучшего опыта и ошибок аналогичных проектов других предприятий
Опасение собственных ошибок (страх неудачи)	Способность обеспечить разработку плана по управление рисками проекта
Слабый авторитет руководителей	Привлечение в команду реформаторов наиболее авторитетных руководителей и сотрудников
Сомнения по отношению к людям, которые проводят в жизнь перемены (недоверие к «проводникам» перемен)	
Большая загруженность в процессе перемен будет восприниматься как избыточное давление (давление)	Гибкое делегирование полномочий сотрудникам с учетом их текущей загруженности
Угроза в ходе перемен таким личным интересам, как заработная плата и престиж (личные интересы)	Внимательная проработка индивидуальных стимулов для ключевых участников проекта
Ограничение достижения личных целей и перспектив продвижения и успеха (личные цели)	

По результатам индивидуальной и групповой работы в процессе обучения, выполнения и защиты итоговых работ можно отметить следующие качественные особенности обучающихся, которые, как уже отмечено ранее, представляют собой полный срез кадрового состава предприятия:

- низкие коммуникационные барьеры в деловом взаимодействии руководителей различных уровней, специалистов и рабочих;
- значительная степень доверия членов коллектива друг к другу и авторитетности мнений руководства;
- высокий потенциал принятия ответственности и инициативности со стороны исполнителей;
- стремление к саморазвитию и освоению новых знаний и навыков;
- наличие критического мышления и аналитические способности в решении задач изучаемой предметной области;
- технологичность и прикладной характер решений;
- внимание к рискам и оценке последствий решений на всех уровнях управления.

Результаты исследования

Анализ выполненных проектно-аналитических работ, осуществленный как посредством фиксации результатов публичных защит работ, так и с помощью контент-анализа. Значительная часть предложений по минимизации потерь (70 %) внесены представителями отделов. Отметим, что оценка выполнена без учета топ-менеджеров.

Объективной причиной указанного распределения является сложность перестройки собственно производственных процессов, особенно на высокотехнологичном производстве.

На **рис. 2** можно видеть результат оценки мотивационной готовности работников отделов и цехов, выраженную во внесении предложений

по минимизации описанных в работах потерь и проблем в процессах.

Анализ проектно-аналитических работ позволил сформулировать рекомендации по формированию группы внедрения изменений в составе 7 чел. из числа представителей производства, 12 чел. – представителей отделов. Исследованное предприятие не имело выделенного кластера должностей или профессий, наиболее вовлеченных в развитие производственной системы. Очевидно, что в продвижении новшеств бережливого производства следует опираться не на отдельные категории работников, а на отдельные персоналии.

На **рис. 3** представлена диаграмма Исикавы с укрупненным анализом проблем и барьеров внедрения бережливого производства и развития производственной системы предприятия.

Проектно-аналитические работы слушателей – участников команды проекта изменений позволили выделить ключевые проблемные области и зоны, требующие первоочередного внимания при решении задачи роста операционной эффективности предприятия.

По результатам анализа проблем и выделения наиболее значимых (разрушительных) рисков развития производственной системы на предприятии составлена таблица выбора компетенций риск-ориентированного развития производственной системы (**табл. 3**). Таблица дает возможность определить приоритетные управленческие компетенции, нехватка которых позволяет сократить ключевые проблемные области и минимизировать наиболее значимые для предприятия риски развития производственной системы.

Наряду с управленческими компетенциями обеспечения организационных изменений, представленные своего рода управленческий жесткие навыки (*hard skills*) позволяют осуществлять регулярный менеджмент [26] как системную управленческую деятельность по достижению определенных целей и задач с опорой на команду.

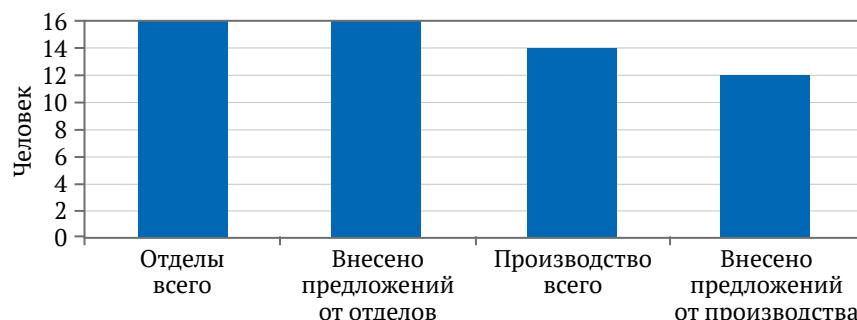


Рис. 2. Количество обучившихся и внесших предложения по улучшениям в разрезе дивизиональных направлений

Fig. 2. Ratio of the number of those trained and those who made proposals for improvements by divisional areas

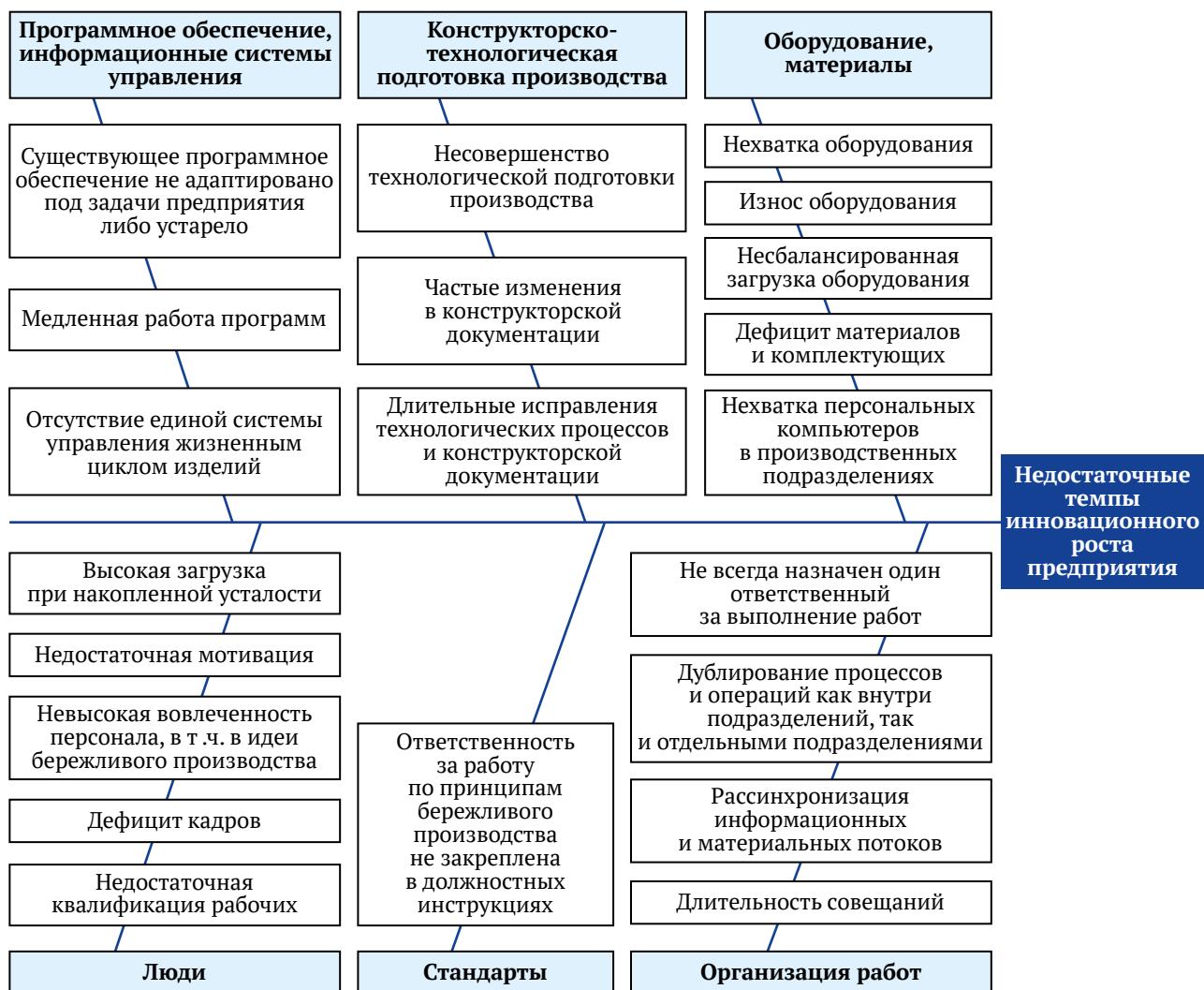


Рис. 3. Диаграмма Исикиавы для решения проблем быстрого инновационного роста предприятия

Fig. 3. Ishikawa diagram for solving the problems of rapid innovative growth of an enterprise

Таблица 3 / Table 3

Матрица выбора компетенций риск-ориентированного развития производственной системы

Risk-oriented competency selection matrix production system development

Люди	Библиотека лучших внутренних практик, применение лучшего внешнего опыта	Делегирование полномочий, наставничество, амбициозное целеполагание
Стандарты	Видение архитектуры процессов предприятия	Единство стратегического, тактического и оперативного планирования
Организация работы	Визуализация управления, линейные обходы, обратная связь	Видение архитектуры процессов предприятия
Оборудование, материалы	Линейные обходы	
Конструкторско-технологическая подготовка производства	Единство стратегического, тактического и оперативного планирования, библиотека лучших внутренних практик, обратная связь	Делегирование полномочий, видение архитектуры процессов предприятия
Цифровая среда	Делегирование полномочий, видение архитектуры процессов предприятия, амбициозное целеполагание, библиотека лучших внутренних практик, применение лучшего внешнего опыта	

Заключение

Предложенная в статье методика представляет собой последовательность шагов по планированию проекта развития производственной системы высокотехнологичного предприятия, функционирующего в условиях требований быстрого инновационного роста. Для того, чтобы избежать разрушительных рисков, характерных для высокой скорости изменений, руководству предприятия необходимо определить ключевой управляющий вектор. Рекомендации исследования опираются на разработку модели компетенций участников команды изменений, руководителей и всего персонала как важнейший управляющий вектор. Компетентностный подход к развитию производственной системы позволяет сохранить связность управленческих решений в высокой организационной иерархии и избежать «лоскутной» трансформации. В целом, предложенная схема включает вовлечение руководства и коллектива, формирование более эффективных локальных производственных ячеек, тиражирование производственных достижений.

В данном случае критерием вовлечения является принцип 20:60:20, содержащий распределение: 20 % сотрудников готовы и вовлечены в изменения на старте проекта, 60 % занимают выжидательную позицию, а еще 20 % относятся к изменениям скептически. Понятно, что стопро-

центная вовлеченность и принятие нового недостижимы, поэтому главная задача предлагаемой модели – обеспечить максимальную поддержку со стороны выжидавших и скептиков [26].

Предложенная в исследовании настройка проекта развития производственной системы на компетентностный подход позволяет предприятию добиваться непрерывного операционного совершенствования без снижения потерь времени и других ресурсов, удовлетворяет потребность в эффективном рычаге трансформации корпоративной культуры, снимая противоречие в требованиях скорости работ, необходимого качества процессов и накопленного технологического потенциала и уникальной философии компании.

Высокий темп роста ориентиров в первую очередь для прорывных высокотехнологичных компаний и в настоящее время, и в будущем должен кардинально пересмотреть действующую парадигму управления. Комплексные решения такого рода предполагают реализацию гибридной организационной трансформации, заключающейся в синтезе компетентностного, проектного и процессного подхода к реорганизации всех элементов системы управления предприятием. Планирование и выполнение такого рода проектов предполагает формирование компетенций развития производственной системы в условиях быстрого инновационного роста предприятий.

Список литературы / References

1. Медведева Н.В. Концепция технологического развития России: намерения реализации. *Вопросы инновационной экономики*. 2023;13(4):1957–1972. <https://doi.org/10.18334/vinec.13.4.119874>
Medvedeva N.V. The concept of technological development of Russia: intentions of implementation. *Russian Journal of Innovation Economics*. 2023;13(4):1957–1972. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.13.4.119874>
2. Афанасьев А.А. Технологический суверенитет: варианты подходов к рассмотрению проблемы. *Вопросы инновационной экономики*. 2023;13(2):689–706. <https://doi.org/10.18334/vinec.13.2.117375>
Afanashev A.A. Technological sovereignty: variant approaches. *Russian Journal of Innovation Economics*. 2023;13(2):689–706. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.13.2.117375>
3. Гринев С.А., Квант В.Л. Формирование стратегических приоритетов промышленного развития РФ как инновационный фактор преодоления кризисных периодов. *Экономика промышленности*. 2023;16(3):275–283. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-3-275-283>
Grinev S.A., Kvint V.L. Formation of strategic priorities of industrial development of the Russian Federation as an innovative factor in overcoming crisis periods. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2023;16(3):275–283. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-3-275-283>
4. Вейдер М.Т. Как оценить бережливость вашей компании. *Практическое руководство*. Пер. с англ. М.: Альпина Паблишер; 2017. 136 с. (Russ. transl. from: Veider M.T. *How to assess your company's leanness. Practical guide*. USA: Michael Thomas Wader; 2014. 136 p.)
5. Джонс Д., Вумек Д.П. *Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании*. Пер. с англ. М.: Альпина Паблишер; 2017. 472 с. (Russ. transl. from: Jones D.T., Vumek D.P. *Lean thinking. Banish waste and create wealth in your corporation*. New York; London; Toronto; Sydney; Singapore; Free Press; 2003. 136 p.)
6. «Точно вовремя» для рабочих. Пер. с англ. М.: Институт комплексных стратегических исследований; 2008. 119 с. (Russ. transl. from: *Just-in-Time for Operators (Shopfloor series)*. Portland, Or.: Productivity Press; 1998. 90 p.)

7. Хирано Х. *5S для рабочих: как улучшить свое рабочее место*. Пер. с англ. М.: Институт комплексных стратегических исследований; 2007. 160 с. (Russ. transl. from: Hirano H. *5S for operators: 5 pillars of the visual workplace*. Portland, Or.: Productivity Press; 1996. 121 p.)
8. Попов В.Л., Мыльникова Е.М., Кудина М.В. Особенности формирования и развития команд для производственных систем различных типов. *Лидерство и менеджмент*. 2024;11(2):605–618. <https://doi.org/10.18334/lm.11.2.120849>
Popov V.L., Mylnikova E.M., Kudina M.V. Characteristics of team building and team development for various types of production systems. *Leadership and Management*. 2024;11(2):605–618. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/lm.11.2.120849>
9. Синго С. *Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства*. Пер. с англ. М.: Институт компл. стратег. исследов.; 2010. 312 с. (Russ. transl. from: Singo S. *A study of the Toyota production system: from an industrial engineering viewpoint (Produce what is needed, when it's needed)*. Productivity Press, Incorporated; 1989. 296 p.)
10. Маурер Р. *Шаг за шагом к достижению цели*. Метод Кайдзен. Пер. с англ. М.: Альпина Паблишер; 2015. 192 с. (Russ. transl. from: Maurer R. *One small step can change your life: the kaizen way*. New York: Workman; 2004. 192 p.)
11. Dillinger F., Bernhard O., Reinhart G. Competence Requirements in manufacturing companies in the context of Lean 4.0. *Procedia CIRP*. 2022;106:58–63. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.155>
12. Enke J., Glass R., Kreß A., Hambach J., Tisch M., Metternich J. 2018. Industrie 4.0 – competencies for a modern production system: A curriculum for learning factories. *Procedia Manufacturing*. 2018;23:269–272. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.028>
13. Chryssolouris G., Mavrikios D., Mourtzis D. Manufacturing systems: Skills & competencies for the future. *Procedia CIRP*. 2013;7, 2013:17–24. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.05>
14. Руководство по улучшению бизнес-процессов. Пер. с англ.; 2015. 73 с. (Russ. transl. from: *Improving business processes: Expert solutions to everyday challenges*. Harvard Business School Press; 2015. 132 p.)
15. Свод знаний по управлению бизнес-процессами: BPM CBOK 3.0. Под ред. А.А. Белайчука, В.Г. Елифёрова. М.: Альпина Паблишер; 2016. 537 с.
16. Джестон Дж., Нелис Й. Управление бизнес-процессами: Практическое руководство по успешной реализации проектов. Пер. с англ. М.: Альпина Паблишер; 2012. 644 с. (Russ. transl. from: Jeston J., Nelis J. *BPM CBOK Version 3.0: Guide to the business process management common body of knowledge*. Elsevier Ltd.; 2006. 702 p.)
17. Абдикеев М.Н., Данько Т.П., Ильдеменов С.В., Киселев А.Д. *Реинжиниринг бизнес-процессов*. М.: Эксмо; 2005. 592 с.
18. Moyano-Fuentes J., Sacristán-Díaz M. Learning on lean: a review of thinking and research. *International Journal of Operations & Production Management*. 2012;32(5):551–582. <https://doi.org/10.1108/01443571211226498>
19. Ritchie B., Brindley C. Supply chain risk management and performance: a guiding framework for future development. *International Journal of Operations and Production Management*. 2007;27(3):303–322.
20. Marodin G.A., Saurin T.A. Classification and relationships between risks that affect lean production implementation: A study in southern Brazil. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2015;2(1):6:57–79. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2012-0113>
21. Amare T., Singh B., Kabeta G., Mengistu D.A. Analysis of lean critical success factors and performance measures of lean manufacturing using CB-SEM. *Journal of Xidian University*. 2024;18(7):1053–1075. <https://doi.org/10.5281/Zenodo.12799167>
22. Schumacher S., Hall R., Bildstein A., Bauernhansl T. Lean Production Systems 4.0: systematic literature review and field study on the digital transformation of lean methods and tools. *International Journal of Production Research*. 2022;61(24):8751–8773. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2159562>
23. Экспресс-метод оптимизации бизнес-процессов. Деловой мир. 5 мая 2010. Режим доступа: https://delovoymir.biz/ekspress_metod_optimizacii_biznes_processsov_abc_analiz.html (дата обращения: 10.09.2023).
24. Корсакова М. *Менеджер трансформации. Полное практическое руководство по диагностике и развитию компаний*. М.: АСТ; 2017. 174 с.
25. Подвербных О.Е., Кукушкин С.Г., Дятлов Д.В., Самохвалова С.М. Модель проективного обучения персонала в условиях внедрения высокотехнологичного бережливого производства. *Вопросы инновационной экономики*. 2023;13(3):1699–1720. <https://doi.org/10.18334/vinec.13.3.118835>
Podverbnyh O.E., Kukushkin S.G., Dyatlov D.V., Samokhvalova S.M. Model of projective personnel training in the context of the introduction of high-tech lean production. *Russian Journal of Innovation Economics*. 2023;13(3):1699–1720. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.13.3.118835>
26. Безручко П. *Практики регулярного менеджмента: Управление исполнением, управление командой*. М.: Альпина Паблишер; 2019. 257 с.

Информация об авторах

Ольга Ефимовна Подвербных – д-р экон. наук, профессор, зав. кафедрой экономики труда и управления персоналом, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 660059, Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», д. 31, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3280-3460>; e-mail: podverbnih@sibsau.ru

Ринат Гайссеевич Галеев – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой радиофизики и специальной радиоэлектронной аппаратуры, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 660059, Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», д. 31, Российская Федерация; e-mail: galeev_rg@sibsau.ru

Светлана Михайловна Самохвалова – канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики труда и управления персоналом, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 660059, Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», д. 31, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6590-6466>; e-mail: samohvalova@sibsau.ru

Елизавета Леонидовна Соколова – канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики труда и управления персоналом, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 660059, Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», д. 31, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2734-7683>; e-mail: sokolova@sibsau.ru

Information about the authors

Olga E. Podverbnykh – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Head of the Department of Labor Economics and Personnel Management, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31 Krasnoyarsky Rabochy Ave., Krasnoyarsk 660037, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3280-3460>; e-mail: podverbnih@sibsau.ru

Rinat G. Galeev – Dr.Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Radiophysics and Special Radio-Electronic Equipment, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31 Krasnoyarsky Rabochy Ave., Krasnoyarsk 660037, Russian Federation; e-mail: galeev_rg@sibsau.ru

Svetlana M. Samokhvalova – PhD (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Labor Economics and Personnel Management, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31 Krasnoyarsky Rabochy Ave., Krasnoyarsk 660037, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6590-6466>; e-mail: samohvalova@sibsau.ru

Elizaveta L. Sokolova – PhD (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Labor Economics and Personnel Management, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31 Krasnoyarsky Rabochy Ave., Krasnoyarsk 660037, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2734-7683>; e-mail: sokolova@sibsau.ru

Поступила в редакцию 14.10.2024; поступила после доработки 09.11.2025; принятa к публикации 14.11.2025

Received 14.10.2024; Revised 09.11.2025; Accepted 14.11.2025

Механизмы управление индустриализацией: опыт русской промышленной революции XIX в.

Г.А. Архангельский  

Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,

119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российской Федерации

 arkhangelskii.ga@misis.ru

Аннотация. Российская Федерация в настоящее время переживает этап третьей индустриализации. Предшествующие два этапа, осуществленные в имперский период XIX столетия и в советский период первой половины XX в., продемонстрировали высокую степень эффективности. Накопленный в эти периоды опыт сохраняет свою актуальность для современных представителей промышленного сектора и органов государственного регулирования промышленности.

Советскому этапу индустриализации посвящено значительное количество исследований как советского, так и современного периодов. В то же время проблемы индустриализации дореволюционного периода, в особенности ее начальной стадии, относящейся к эпохе правления Александра I и Николая I, исследованы в существенно меньшей степени. Следует отметить, что советские авторы при изучении дореволюционной индустриализации преимущественно концентрировались на анализе глобальных макроэкономических процессов, а не управленических механизмов и конкретных методов управления.

Таким образом, в истории первой индустриализации России мы имеем полностью завершенный «управленческий кейс», который не был должным образом проанализирован именно с точки зрения менеджмента, а не экономической истории. Особенную ценность этому «кейсу» придает возможность анализа «приживаемости», реализуемости тех или иных подходов к менеджменту на нашей национальной почве, в наших социокультурных условиях. Для решения задачи вовлечения этого «управленческого кейса» в научный оборот в статье проанализированы управленческие структуры и механизмы, обусловившие успешную реализацию промышленной революции (ранней стадии индустриализации) на территории Российской империи в первой половине XIX в.

Ключевые слова: промышленная революция, индустриализация, промышленная политика, русская модель управления

Для цитирования: Архангельский Г.А. Механизмы управление индустриализацией: опыт русской промышленной революции XIX в. Экономика промышленности. 2025;18(4):604-613. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1537>

Mechanisms for managing industrialization: the experience of the Russian industrial revolution of the 19th century

Г.А. Arkhangelskiy  

National University of Science and Technology MISIS,

4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation

 arkhangelskii.ga@misis.ru

Abstract. At the moment, Russian Federation is going through the stage of the third industrialization. The previous two stages, that took place in the imperial period of the 19th century and in the Soviet period of the first half of the 20th century, demonstrated a high degree of efficiency. The experience accumulated during these periods remains relevant for modern representatives of the industrial sector and government industry regulation agencies. There is a vast number of studies, both Soviet and contemporary, that are devoted to the Soviet stage

of industrialization. At the same time, the problems of the industrialization of the pre-revolutionary period, especially those of the initial stage dating back to the reign of Alexander I and Nicholas I, are studied to a much lesser extent. It should be noted that when studying the pre-revolutionary industrialization, Soviet authors primarily focused on analyzing global macroeconomic processes, rather than management mechanisms and specific management methods. Thus, the history of the first industrialization of Russia contains a completed “management case” which has not been properly analyzed from the point of view of management, not economic history. Of particular value to this “case” is the possibility of analyzing the “survivability”, the feasibility of certain approaches to management on our national basis, in our socio-cultural conditions. To solve the tasks of introducing this “management case” into the scientific circulation, the author has analyzed the management structures and mechanisms that ensured successful implementation of the industrial revolution (the early stage of industrialization) on the territory of the Russian Empire in the first half of the 19th century.

Keywords: industrial revolution, industrialization, industrial police, Russian management model

For citation: Arkhangelskiy G.A. Mechanisms for managing industrialization: the experience of the Russian industrial revolution of the 19th century. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):604-613. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1537>

工业化管理机制：19世纪俄国工业革命的经验

G.A. 阿尔汉格尔斯基  

俄罗斯国立研究型技术大学MISIS, 119049, 俄罗斯联邦莫斯科列宁斯基大街4号1栋

 arkhangelskii.ga@misis.ru

摘要：俄罗斯联邦目前正经历工业化的第三阶段。前两个阶段分别发生在19世纪的帝国时期和20世纪上半叶的苏联时期，并取得了显著成效。在这些时期积累的经验对现代工业部门和政府监管机构仍然具有现实意义。苏联时期的工业化一直是苏联时期和现代时期大量研究的主题。与此同时，对革命前时期的工业化问题，特别是亚历山大一世和尼古拉一世统治时期初期工业化问题的研究则相对较少。值得注意的是，苏联学者在研究革命前的工业化进程时，主要关注的是宏观经济进程的分析，而非管理机制和具体管理方法。因此，在俄罗斯第一次工业化的历史中，我们拥有一个完整的“管理案例”，但该案例并未从管理学的角度进行充分分析，而是更多地从经济史的角度进行分析。这个“案例”的特别价值在于，它使我们能够分析各种管理方法在俄罗斯国情和社会文化条件下的适应性和可行性。为了将这一“管理案例”引入学术研究，本文分析了19世纪上半叶俄罗斯帝国成功实施工业革命（工业化早期阶段）的管理结构和机制。

关键词：工业革命，工业化，产业政策，俄罗斯管理模式

Введение

Крупнейший советский исследователь истории отечественной промышленности С.Г. Струмилин идентифицировал хронологический отрезок с начала 1800-х по 1850-е гг. как период промышленной революции в России, подразумевающей трансформацию мануфактурного производства в фабричную систему с использованием машин, в том числе оснащенных принципиально новым типом энергоустановок – паровыми двигателями [1, с. 362]. Наглядно и количественно прогресс промышленности России в этот период отражен в табл. 1.

В работе М.Г. Нечаева детально рассмотрена дискуссия советских и современных историографов о проблеме периодизации промышленной

революции и индустриализации, а также критерии их определения (таких как механизация предприятий, формирование пролетариата и др.). Проведенный М.Г. Нечаевым анализ подтвердил выводы С.Г. Струмилина о завершении в России к 1850-м гг. процесса промышленной революции [2, с. 7-14].

Тем не менее данный этап индустриального развития в минимальной степени становился объектом анализа в управлении ракурсе. Повсюду большинство изысканий как советских, так и современных исследователей, акцентировалось на макроэкономических факторах, отраслевой динамике, масштабных социально-экономических процессах, общественных дискуссиях и итоговых экономических результатах.

Таблица 1 / Table 1

Количественные результаты промышленной революции в Российской империи [1]

Quantitative results of the industrial revolution in the Russian Empire [1]

Год	Количество		Продукция, млн руб.	Рост, %
	фабрик, шт.	рабочих, чел.		
1804	2 423	95 202	25,1	100
1825	5 261	210 568	46,8	186
1845	8 302	507 577	143,5	572

Методологический инструментарий для оценки успешности индустриальных преобразований предлагает, в частности, институциональный подход, представленный в работах Д. Асемоглу [3], или анализ крупных макроэкономических и политических циклов, разработанный Р. Далио [4]. Оригинальную концепцию трех российских индустриализаций, рассматрившую их через призму общественного разделения труда и обоснования предпринимательской и инновационной функций, представил П.Г. Щедровицкий [5].

Вместе с тем, управлеченческий аспект индустриализации, составляющий предмет настоящего исследования, привлекал существенно меньше внимания научного сообщества. Круг вопросов, оставшихся недостаточно изученными, включает:

- целеполагание и уровень компетенций лиц, ответственных за управление процессами индустриализации;
- методы организации и планирования их деятельности;
- механизмы выработки политик промышленного развития
- организационные структуры и особенности функционирования государственных органов, ответственных за выработку решений в сфере индустриализации.

Рассмотрение российской промышленной революции под указанным углом зрения представляет собой новое направление исследований, способное предоставить ценный материал для современных управлеченческих практик.

Целью статьи является выявление управлеченческих механизмов, обусловивших успешную реализацию первой индустриализации, на основе анализа архивных материалов и библиографических источников.

Управленческая архитектура процессов индустриализации: уровневая модель

Система управления процессами индустриализации может быть структурирована по трем иерархическим уровням.

Макроуровень был представлен субъектами и институтами общегосударственного (в современных терминах, федерального) уровня. К данной категории относились высшие должностные лица империи, а также коллегиальные органы верховной власти – Комитет министров, Государственный совет, Правительствующий сенат, профильные министерства, департаменты и др.

Мезоуровень включал в себя отраслевые и региональные управлеченческие структуры. В их число входили советы (мануфактурный, коммерческий), администрации губернаторов, управления горнозаводских округов, а также специализированные образовательные и технологические институции, обеспечивающие отраслевое развитие.

Микроуровень охватывал сферу непосредственного управления отдельными промышленными предприятиями (фабриками, заводами), а также деятельность индивидуальных промышленников и предпринимателей.

Микроуровень стал объектом многочисленных научных изысканий, сфокусированных на истории отдельных предприятий и биографиях предпринимателей. В отличие от него, проблемы управления индустриализацией на макро- и мезоуровнях остаются значительно менее изученными.

Роль первых лиц государства в промышленном развитии

Примечательным является тот факт, что вклад императоров Александра I и Николая I в развитие отечественной промышленности оказался практически не освещенным не только в советской (что представляется ожидаемым), но и в дореволюционной историографии.

В наиболее полной современной биографии Николая I [6] проблемы промышленной политики не затрагиваются.

В фундаментальном четырехтомном труде Н.К. Шильдера «Император Александр I» [7] данные сюжеты также не нашли отражения. Известной поездке монарха на Урал в 1824 г., в ходе которой было инспектировано несколько десятков заводов, посвящен лишь один абзац [7, с. 303], не содержащий упоминаний о конкретных предприятиях.

Между тем, к числу значимых достижений императора Александра I в области управления

промышленным развитием страны могут быть отнесены следующие инициативы:

1. Проведение министерской реформы, предусматривавшей создание в структуре Министерства финансов специализированных органов отраслевого управления: Департамента мануфактур и Горного департамента.

2. Учреждение Государственного совета в качестве высшего законосовещательного института империи.

3. Введение патентного законодательства (1812 г.).

4. Стимулирование создания общественных банков (первый учрежден в 1808 г.) и организация Государственного коммерческого банка для кредитования предпринимательской деятельности и промышленности (1817 г.).

5. Учреждение авторитетных периодических изданий: «Журнал Министерства народного просвещения», «Технологический журнал», «Журнал мануфактур и торговли», «Горный журнал».

6. Принятие протекционистских таможенных тарифов (1810 и 1822 гг.), направленных на стимулирование отечественного промышленного производства.

7. Реформирование горнодобывающей отрасли, выразившееся в разработке Проекта горного положения 1806 г., создании системы горнозаводских округов и целостной трехуровневой системы горного образования.

8. Образование в 1809 г. Управление водяных и сухопутных сообщений с сопутствующей инфраструктурой учебных заведений.

9. Создание системы Коммерческих судов (с 1808 г.), существенно упростивших и ускоривших разрешение хозяйственных споров.

Император Николай I последовательно продолжил курс своего предшественника на реализацию суверенной промышленной политики и индустриального развития государства.

Вопреки устоявшимся стереотипам, великий князь Николай Павлович получил систематическое естественно-научное, инженерное и экономическое образование. Его занятия политической экономией проводились академиком Андреем Карловичем Шторхом, труды которого как видного европейского экономиста активно цитировались позднее Карлом Марксом [8, с. 174, 194].

В 1817 г. великий князь был назначен на должность генерал-инспектора по инженерной части, т.е. командующим инженерными войсками. На этой позиции им было осуществлено реформирование Главного инженерного училища, выпускники которого впоследствии стали актив-

ными участниками процессов индустриализации [9, с. 50].

Сохранились многочисленные свидетельства современников, подтверждающие регулярное посещение императором всероссийских промышленных выставок, учрежденных в его правление с 1829 г. В частности, документально зафиксированы его визиты на выставки в 1831 [10, с. 582], 1833 [11, с. 108–112] и 1839 гг. [12, с. 370]. На каждой из них монарх, по свидетельству современников в указанных источниках, активно общался с фабрикантами, проявляя живой интерес к их экономическим достижениям и обнаруживая глубокое знание предмета.

К числу ключевых достижений императора Николая I в области управления индустриализацией относятся:

1. Поддержание строго протекционистской таможенной политики, стимулировавшей рост отечественной промышленности.

2. Учреждение в 1828 г. Технологического института в Санкт-Петербурге и в 1826 г. Московского ремесленного училища (ныне МГТУ им. Баумана), а также многочисленных ремесленных и специализированных рисовальных и чертежных школ.

3. Создание в 1829 г. Мануфактурного и Коммерческого советов, объединивших представителей государственных органов и ведущих промышленников для выработки регуляторных решений.

4. Инициация в 1829 г. системы Всероссийских промышленных выставок и организация участия российской промышленности в Первой всемирной выставке в Лондоне в 1851 г.

5. Принятие первого в истории России фабричного законодательства (1835 г.), регламентировавшего права рабочих и обязанности предпринимателей.

6. Введение акционерного законодательства в 1836 г., опередившего аналогичный британский акт на восемь лет, и стимулирование акционерного учредительства в промышленности.

7. Реализация мер финансовой поддержки промышленных предприятий, включая формы аналогичные современным механизмам промышленного кредитования.

8. Начало масштабного строительства железных дорог и создание телеграфной сети, к концу правления составлявшей более 6000 верст [13].

9. Осуществление прямых государственных инвестиций в машиностроительную отрасль, включая создание новых предприятий (таких как Александровский литейный завод, ныне Пролетарский завод в составе Ростеха) и модернизацию существующих производств.

10. Создание регуляторной среды, обусловившей стремительный рост текстильной промышленности, формирование мощных региональных промышленных кластеров и импортозамещение в этой сфере.

Высшие госорганы в управлении промышленностью

В рассматриваемый исторический период формирование политики и практики управления промышленным комплексом осуществлялось тремя высшими государственными институтами.

Комитет министров, учрежденный в начале правления Александра I, не являлся правительством в современном понимании. Тем не менее в его компетенцию входило рассмотрение значительного массива вопросов как регуляторного характера, так и оперативных проблем промышленного управления.

Государственный совет, созданный в 1810 г., функционировал как законодательный орган, ответственный за подготовку законопроектов к высочайшему утверждению, рассмотрение и формирование государственного бюджета, а также определение полномочий министерств [14, с. 64–65]. В сферу ведения Государственного совета входили не только законы, но также уставы и учреждения, включая уставы акционерных обществ.

Правительствующий сенат, основанный Петром I в качестве высшего исполнительного органа на период отсутствия монарха, к середине XIX в. в результате длительной бюрократической трансформации постепенно приобрел преимущественно судебные и апелляционные функции, однако как высший исполнительный орган продолжал участвовать в управлении промышленностью.

Анализ фундаментальной монографии по истории Комитета министров [15] позволяет систематизировать промышленные вопросы, находившиеся в ведении высших государственных органов, по следующим категориям:

1. Тарифно-инфраструктурное регулирование отраслевого развития. Ключевым предметом обсуждения являлась таможенно-тарифная политика, непосредственно отражавшая государственную промышленную стратегию. Рассматривались меры отраслевой поддержки.

2. Фабричное законодательство и социальные аспекты. Значительный объем производства касался трудовых конфликтов. Губернская администрация, как правило, занимала позицию рабочих, экскалируя конфликтные вопросы в Министерство внутренних дел, которому подчинялись губернаторы, тогда как Министер-

ство финансов преимущественно поддерживало в таких спорах промышленников. Финальные решения принимались в Комитете министров.

3. Экологическое регулирование промышленности. С 1833 г. функционировала трехуровневая система классификации предприятий по экологическому критерию [16]. Отнесение предприятия к тому или иному классу, т.е. весьма существенное для экономики промышленного предприятия решение, относилось к компетенции Министерства финансов совместно с губернатором, а при отсутствии консенсуса – Комитета министров.

4. Региональные промышленные льготы. Предоставление территориальных преференций (например, десятилетние налоговые каникулы для вновь учрежденных фабрик) осуществлялось по представлению губернаторов Комитету министров [15, с. 306].

5. Инфраструктурное развитие. Комитет министров утверждал масштабные проекты транспортного строительства: шоссейные и водные пути сообщения, железнодорожное строительство.

6. Корпоративное учредительство и поддержка предпринимательства. Утверждение акционерных обществ, аналогично практике европейских стран, осуществлялось в отличие от нашего времени на уровне высших государственных органов.

Комитет министров санкционировал субсидии и льготы, – прототипы современных промышленных займов. Приведем примеры типов выделенных форм поддержки только из одной правительственной публикации, переведя финансовую терминологию эпохи в современную [17, с. 49–50]:

- промышленные ипотечные кредиты (фабрикант Жуков – 60 тыс. руб.);
- безвозвратные субсидии (фабрикант Нагель – 6 тыс. руб.);
- материальные займы (negoциант Лигерт – 3000 пудов меди);
- стартап-финансирование (Кочетов – 2000 руб.);
- льготные кредиты (мастер Берг – 6 тыс. руб. на 12 лет);
- гранты иностранным предпринимателям (братья Геце – по 2000 руб.);
- инвестиции в машиностроение (генерал-майор Карелин – 15 000 руб. на создание производства паровых двигателей).

7. Система поощрения промышленников. Была сформирована разветвленная система нематериального стимулирования промышленных деятелей. Помимо государственных наград пред-

принимателям могли присваиваться почетные звания «Коммерции советник» (с 1801 г.) и «Мануфактур-советник» (с 1810 г.).

8. Импорт технологий и человеческого капитала. Правительственные инстанции систематически разрабатывали и внедряли льготные условия для привлечения иностранных специалистов, инженеров и предпринимателей.

Управленческая механика работы высших госорганов

К вопросу о процессуальных аспектах функционирования высших государственных учреждений следует отметить, что организационная механика их работы, подробно регламентированная в [14], демонстрирует сохраняющие актуальность принципы эффективного проведения совещаний.

Существенным элементом, представляющим ценность и для современного управленца, являлось обязательное предоставление по каждому обсуждаемому вопросу пакета документов, включавшего:

1. Краткую записку, излагающую суть вопроса.
2. Все относящиеся к делу справочные материалы в виде приложений.
3. Четко сформулированное заключение ответственного министра.
4. Конкретный проект решения в форме постановления, учреждения, указа или общего предписания [14, с. 82–83, 92].

Примечательной особенностью процедур как Комитета министров, так и Государственного совета, было отсутствие требования обязательной выработки единого, консенсусного мнения для представления монарху. Нередки были случаи, когда император утверждал позицию меньшинства, как произошло с проектом строительства Санкт-Петербурго-Московской железной дороги.

Аналогичный подход применялся и на нижестоящих уровнях управления. Например, с 1836 г. в системе управления округами путей сообщения было введено коллегиальное начало в форме Правления округа. При этом «решения обсуждались порядком коллегиальным, но постановлялись и исполнялись по мнению председательствующего» [13, с. 68–69].

М.А. Корф, возглавлявший канцелярию Государственного совета, подробно описывает неформальные, или, используя современную терминологию, «проектные» комитеты, которые император Николай I создавал для решения конкретных приоритетных задач. Именно таким неформальным комитетом был рассмотрен и получил частичное одобрение знаковый проект Ф.А. фон Герстнера,

положивший начало железнодорожному строительству в России [18, с. 124–128].

Важно подчеркнуть, что даже при всей неформальности подобных структур, их заседания обязательно фиксировались в протоколах, содержащих выводы и конкретные решения к исполнению, – чего часто не достает современным совещаниям [18, с. 123–124].

Министерство финансов как ключевой двигатель раннего этапа индустриализации

Специализированное Министерство промышленности было учреждено в России лишь в начале XX столетия; до этого времени все вопросы промышленной политики, как непосредственно влияющие на доходы бюджета, находились в ведении Министерства финансов.

Центральной фигурой в реализации курса на индустриализацию являлся министр финансов Егор Францевич Канкрин.

Образовательный и профессиональный опыт Е.Ф. Канкрина делали его практически идеальным руководителем для проведения активной промышленной политики. Начало его карьеры было связано с работой под руководством отца, Франца-Людвига Канкрина – известного практика и теоретика промышленного развития, автора фундаментального научного труда по горному и соляному делу, руководителя соляных промыслов в Старой Руссе [19, с. 62–64].

Значительный карьерный импульс Е.Ф. Канкрина был получен благодаря аналитической работе «О состоянии системы и средствах продовольствий больших армий» [19], выполненной по запросу М.Б. Барклай-де-Толли. В период Отечественной войны 1812 г. Канкрин, занимая пост генерал-интенданта армии Барклая, а затем всей русской армии, организовал снабжение войск с крайне высокой эффективностью.

Научные достижения Канкрина включают ряд монографий по актуальным экономическим проблемам, в том числе итоговый труд «Очерки политической экономии и финансии» [20], систематизировавший его министерскую деятельность.

В рамках Министерства финансов координация процессов индустриализации была возложена на два специализированных департамента: Департамент горных и соляных дел и Департамент мануфактур и внутренней торговли.

Департамент горных и соляных дел осуществлял управление горнозаводской и соляной отраслью. Департамент совмещал регуляторные функции с непосредственным оперативным управлением казенными горными заводами и приписанными к ним территориями.

Анализ архивных дел Департамента¹ свидетельствует о широком спектре решаемых задач:

- разработка отраслевых нормативных актов (например, регламентов золотодобычи);
- оперативное управление государственными промышленными предприятиями;
- решение социально-трудовых вопросов в рамках формирующегося фабричного законодательства;
- координация научно-образовательной деятельности: формирование минералогических коллекций, разработка учебных программ для горных учебных заведений.

Департамент мануфактур и внутренней торговли курировал остальные отрасли промышленности, преимущественно легкую (текстильную). В период правления Николая I наблюдался значительный рост в этой отрасли, сопровождавшийся активным импортозамещением в производстве тканей и становлением отечественного машиностроения для текстильной промышленности.

К числу ключевых инициатив Департамента относятся:

- издание «Журнала мануфактур и торговли»;
- создание и поддержание системы Мануфактурного и Коммерческого советов с их региональными представительствами и корреспондентами;
- организация регулярных Промышленных выставок;
- учреждение Технологического института и сети технических училищ;
- организация сети заграничных агентов, занимавшихся промышленной разведкой и изучением лучшего зарубежного опыта.

Архивные материалы Департамента² демонстрируют сочетание регуляторной работы с решением практических вопросов развития конкретных предприятий, а также активную поддержку образовательных институций, таких как Технологический институт, Лесной институт, Практическая коммерческая академия и др.

Отраслевой лоббизм:

Мануфактурный и Коммерческий совет

Ключевой институциональной инициативой Е.Ф. Канкрина, направленной на оптимизацию взаимодействия между промышленным и торговым сектором экономики, с одной стороны, и государственным аппаратом, с другой стороны,

¹ Фонд Департамента горных и соляных дел Министерства финансов. Российский государственный исторический архив, фонд 37.

² Фонд Департамента мануфактур и внутренней торговли. Российский государственный исторический архив, Ф. 18.

стало создание Мануфактурного и Коммерческого советов.

Данные органы представляли собой коллегиальные совещательные структуры, формировавшиеся из представителей государственной власти, предпринимателей и технических экспертов, и выполняли функцию критически важного коммуникационного канала между отраслями экономики и регулятором.

На корреспондентов советов в регионах возлагалась обязанность систематического представления в Департамент мануфактур актуальной информации о состоянии промышленности в губерниях, что создавало основу для развития отечественной промышленной статистики и принятия обоснованных решений в области промышленного развития.

Источники капитала для индустриализации

Ключевым достижением эпохи правления Николая I явилось формирование комплексного акционерного законодательства и запуск активного акционерного учредительства, включая промышленный сектор.

В XVIII – начале XIX в. создание акционерных обществ в России носило единичный характер. Системное законодательное регулирование корпоративных отношений, определяющее права и обязанности акционеров, директоров и ревизионных органов, было принято в России в 1836 г. [21].

Первоначально акционерные общества создавались преимущественно в торговой, страховой и транспортной сферах (включая судоходство). Первым промышленным акционерным предприятием стало Общество Российской бумагопрядильной мануфактуры в Санкт-Петербурге (1835 г.) с уставным капиталом 3,5 млн руб. ассигнациями, или 1 млн руб. серебром [21, с. 44; 22, с. 29].

Согласно исследованиям Л.Е. Шепелева, динамика акционерного учредительства характеризовалась следующими показателями:

- 1799–1836 гг.: учреждено 58 акционерных обществ;
- 1837–1855 гг.: учреждено 66 обществ, ликвидировано 20 обществ [21, с. 30, 63].

Таким образом, за рассматриваемый период было создано свыше 100–акционерных компаний. По данным другого исследователя, на 1860 г. насчитывалось 126 акционерных обществ, из которых 54 относились к промышленному сектору [23, с. 26].

Целенаправленные усилия по развитию инфраструктуры акционерного учредительства создали институциональную основу для моби-

лизации частного капитала в промышленное развитие страны и формирования культуры и стандартов корпоративного управления в Российской Империи.

Технологическое обеспечение индустриализации

В области технологического обеспечения индустриализации правительство проводило систематическую работу по импорту зарубежного оборудования, технологий и промышленных ноу-хау. Первые документальные свидетельства о закупке Министерством финансов жаккардовых станков и ознакомлении с ними промышленников датируются 1822 г. [24, с. 22–26]. В 1829 г. такие станки уже вручались в качестве наград отличившимся участникам Всероссийской промышленной выставки.

Была создана сеть европейских агентов Министерства финансов, в задачи которых входили: поиск перспективных технологий и компетенций, сбор информации о развитии фабричной промышленности, вербовка квалифицированных технических специалистов. В секретных фондах Министерства финансов содержится обширная переписка по этим вопросам³.

В [25, с. 33–54] опубликован перечень из 41 наименования «изделий, моделей и рисунков машин и сведений о новейших изобретениях», доставленных венским агентом, и доступных для изучения в Департаменте мануфактур.

Как отмечает П.Г. Щедровицкий: «успешность промышленной революции не обязательно предполагает лидерство в процессах производства новых знаний, но однозначно зависит от темпа их распространения и деятельностиного освоения» [5, с. 24].

Важным институтом распространения технологий стало создание в 1843 г. системы губернских механиков. Согласно архивным материалам⁴, в их обязанности входили:

- контроль за вводом в эксплуатацию опасного промышленного оборудования (в том числе, паровых машин);
- безвозмездные консультации для промышленников.

Данные меры свидетельствуют о формировании целостной системы технологического трансфера и адаптации зарубежных достижений к российским условиям, что стало важным фактором успеха промышленной модернизации.

³ Особенная канцелярия министра финансов по секретной части. Российский государственный исторический архив, Ф. 561.

⁴ О назначении губернских механиков. Российский государственный исторический архив, Ф. 18 Оп. 2 Д. 1676.

Образовательное обеспечение индустриализации

Ключевой институциональной инициативой в рамках создания Мануфактурного совета стала организация Первой всероссийской промышленной выставки, проведенной в мае–июне 1829 г.

Выставка положила начало традиции регулярных промышленных смотров, проводившихся до конца XIX в. с периодичностью 2–3 года в Москве, Санкт-Петербурге и Варшаве. В 1849 г. Государственный совет утвердил предложение министра финансов об организации региональных промышленных выставок [25, с. 140].

Накопленный опыт позволил российской промышленности успешно выступить на Первой всемирной промышленной выставке в Лондоне в 1851 г. Российские экспоненты получили 130 наград, включая три высшие, удостоились высоких оценок международной прессы и специалистов [26, с. 181].

Важную роль в подготовке кадрового потенциала индустриализации сыграли несколько учебных заведений.

Институт корпуса инженеров путей сообщения, основанный в 1809 г., за 25 лет правления Николая I подготовил 1242 специалиста [18, с. 577], сыгравших ключевую роль в развитии транспортной инфраструктуры.

Горный кадетский корпус, учрежденный в 1804 г. на базе Горного училища, стал основным центром подготовки специалистов для горнодобывающей промышленности.

Значительный вклад внесли также технологические институты – Петербургский практический технологический институт и Московское ремесленное учебное заведение (современное МГТУ им. Баумана).

Учебные программы этих заведений характеризовались сочетанием общеобразовательных и прикладных дисциплин, акцентом на практическую работу в мастерских во вторую половину дня, а также введением экскурсий на промышленные предприятия.

Данные образовательные инициативы создали системную основу для подготовки инженерно-технических кадров, необходимых для успешной промышленной модернизации страны.

Промышленная литература эпохи

Министерство финансов активно осуществляло политику продвижения специализированной литературы по промышленности и торговле. Значительный пласт литературы был посвящен горнозаводской тематике. Еще в 1803 г. член Берг-Коллегии Иван Герман издал «Описание Петрозаводского и Кончезерского заводов» [27].

В ходе промышленной революции такого рода промышленные издания появлялись во все большем количестве.

В 1842 г. была опубликована первая промышленная карта европейской части России [28], а в 1845 г. – «Атлас промышленности Московской губернии» Л.М. Самойлова [29]. После Первой промышленной выставки Департамент мануфактур издал «Список фабрикантам и заводчикам» [30] – первую адресную книгу отечественной промышленности.

Заключение

В статье сделана попытка взглянуть на процессы дореволюционной российской индустриализации под не характерным для предыдущих исследователей углом: с точки зрения выявления управлеченческих механизмов, с помощью которых управленцы – лидеры индустриализации – реализовывали активную промышленную политику. При этом выбрана менее изученная

и отраженная в литературе эпоха стартового периода индустриализации, а не традиционных конца XIX – начала XX в.

Данные механизмы структурированы по уровням принятия решений и задают рамку для возможных дальнейших более углубленных предметных исследований.

Показано, что именно в стартовый период индустриализации заложены основные инфраструктурные механизмы, обеспечившие дальнейшее успешное развитие отечественной промышленности в конце XIX в. и выход Российской империи в число развитых промышленных держав.

Результаты исследования могут быть полезны как практикам, руководителям федеральных и региональных органов, отвечающих за формирование промышленной политики, так и исследователям, разрабатывающим вопросы промышленной политики и технологического суверенитета.

Список литературы / References

- Струмилин С.Г. *Очерки экономической истории России и СССР*. М.: Наука; 1966. 514 с.
- Нечаев М.Г. В поисках истоков промышленной революции в России, или «Фабричная лихорадка» первой половины XIX века. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Культура. История. Философия. Право*. 2016;4:5–38.
Nechaev M.G. In search of the industrial revolution in Russia's origins or the “Factory fever” of the first half of the XIX century. *Bulletin of the PN-RPU. Culture. History. Philosophy. Law*. 2016;4:5–38. (In Russ.)
- Асемоглу Д., Робинсон Д.А. *Почему одни страны богатые, а другие бедные: Происхождение власти, процветания и нищеты*. Пер. с англ. М.: АСТ; 2015. 692 с. (Russ. transl. from: Acemoglu D., Robinson J.A. *Why nations fail: The origins of power, prosperity, and poverty*. New York: Crown Publishers; 2012. 571 р.)
- Далио Р. *Принципы изменения мирового порядка: Почему одни нации побеждают, а другие терпят поражение*. Пер. с англ. М.: Манн, Иванов и Фербер; 2025. 528 с. (Russ. transl. from: Dalio R. *Principles for dealing with the changing world order: Why nations succeed and fail*. Avid Reader Press; Simon & Schuster. 2021; 576 р.)
- Щедровицкий П.Г. *Три индустриализации России*. М.: Terra Fantastica; 2018. 150 с.
- Выскочков Л.В. *Император Николай I. Человек и государь*. СПб.: Изд-во СПб. ун-та; 2001. 644 с.
- Шильдер Н.К. *Император Александр I. Его жизнь и царствование. В 4 т.* М.: Московские учебники и картолитография; 2010. Т. 4. 742 с.
- Блюмин И.Г. *Очерки экономической мысли в России в первой половине XIX века*. М.; Ленинград: Изд-во Академии наук СССР; 1940. 288 с.
- Шильдер Н.К. *Император Николай I. Его жизнь и царствование*. М.: Эксмо; 2008. 464 с.
- Бенкendorf А.Х. *Воспоминания, 1802–1837*. М.: Российский Фонд Культуры; 2012. 761 с.
- Тарасов Б.Н. (сост.) *Николай Первый и его время. Документы, письма, дневники, мемуары, свидетельства современников и труды историков. В 2 т. Т. 1*. Москва: ОЛМА-Пресс; 2000. 447 с.
- Корф М.А. *Дневники 1838 и 1839 гг.* М.: Рубежи XXI; 2010. 576 с.
- Краткий исторический очерк развития и деятельности ведомства путей сообщений за столет его существования (1798–1898 гг.). СПб.: Типография Министерства путей сообщения; 1898. 221 с.
- Учреждение Государственного совета. СПб.: Государственная типография; 1901. 132 с.
- Середонин С.М. (сост.). *Комитет министров. Исторический обзор деятельности Комитета министров. К столетию Комитета министров (1802–1902)*. В 3 т. Т. 2, ч. 1. Комитет министров в царствование императора Николая Первого (1825 г. ноября 20 – 1855 г. февраля 18). СПб.: Канцелярия Комитета министров; 1902. 373 с.

16. Положение о размещении и устройстве частных заводов. *Журнал мануфактур и торговли*. 1833;(12):56–70.
17. Правительственные постановления: [привилегии]. *Журнал мануфактур и торговли*. 1830;(12):25–109.
18. Материалы и черты к биографии императора Николая I и к истории его царствования. В: *Сб. Императорского русского исторического общества*. СПб.: Типография И.Н. Скороходова; 1896. Т. 98. 702 с.
19. Канкрин Е.Ф. *Мировое богатство и национальная экономика*. М.: Дело; 2018. 504 с.
20. Канкрин Е.Ф. Очерки политической экономии и финансии = Графъ Канкринъ и его очерки политической экономии и финансии. Пер. с нем. В 3 ч. СПб.: Типография Императорской Академии Наук; 1894. 3 ч. 300 с.
21. Шепелев Л.Е. *Акционерные компании в России*. Ленинград: Наука; 1973. 348 с.
22. Соловьева А.М. *Промышленная революция в России в XIX в.* М.: Наука; 1990. 269 с.
23. Арсентьев В.М. Акционерные формы промышленного предпринимательства России XIX века в дореформенный период (на примере Среднего Поволжья). *Экономическая история*. 2013;(2(21)):24–37.
- Arsentjev V.M. The joint-stock-form of industrial enterprise development of Russia in XIX century in pre-reform Period (the example of the Middle Volga region). *Russian Journal of Economic History*. 2013;(2(21)):24–37. (In Russ.)
24. О мануфактурной промышленности в Москве. *Журнал мануфактур и торговли*. 1828;12:22–26.
25. Разные сведения, до мануфактур и торговли относящиеся. *Журнал мануфактур и торговли*. 1833;10:33–54.
26. Зарецкая Д.М. Россия на всемирной выставке 1851 года. *Вопросы истории*. 1986;7:180–185.
27. Герман И.Ф. *Описание Петрозаводского и Кончезерского заводов, и производимаго при оных литья пушек и снарядов*. СПб.: Шнора; 1803. 206 с.
28. *Карта промышленности Европейской России с показанием Фабрик, Заводов и промыслов, Административных мест по Мануфактурной части, Главнейших Ярмарок, Водяных и сухопутных сообщений, Портов, Маяков, Таможен, Главнейших пристаней, карантинов и проч.* Составл. по Высочайшему повелению 1842. СПб.; 1842. 1 к. (1 л.): цв., грав., раскраска от руки.
29. Самойлов Л.М. *Атлас промышленности Московской губернии, составленный Л. Самойловым*. М.: изд. иждивением Моск. отд-ния Мануфактур. Совета; 1845. 130 с.
30. Список фабрикантам и заводчикам Российской империи 1832 года : Сост. в Деп. мануфактур и вн. торг. из ведомостей, от гг. гражд. губернаторов полученных. В 2 ч. СПб.: тип. Деп. внеш. торг.; 1833. 2 ч.

Информация об авторе

Глеб Алексеевич Архангельский – канд. экон. наук, доцент, директор Центра бизнес-эффективности, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5455-8452>; e-mail: arkhangelskii.ga@misis.ru

Поступила в редакцию 18.09.2025; поступила после доработки 03.12.2025; принята к публикации 05.12.2025

Received 18.09.2025; Revised 03.12.2025; Accepted 05.12.2025

Information about the author

Gleb A. Arhangelsky – PhD (Econ.), Associate Professor, Director of the Business Performance Center, National University of Science and Technology MISIS, 4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5455-8452>; arkhangelskii.ga@misis.ru

Приглашение к публикации в журнале «Экономика промышленности»

Редакционная коллегия научно-практического рецензируемого журнала «Экономика промышленности» приглашает авторов – представителей научных организаций, вузов, промышленных предприятий, других организаций отраслей промышленности, а также аспирантов и соискателей, к публикации результатов своих научных исследований в очередных выпусках журнала.

Журнал «Экономика промышленности» (предыдущее название – «Экономика в промышленности») основан в 2008 г. Учредителями журнала являются Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС) и Акционерное общество «Объединенная металлургическая компания» (АО «ОМК»).

Редакционная коллегия журнала включает авторитетных и молодых российских ученых-экономистов, а также зарубежных ученых.

С составом редколлегии, политиками журнала, требованиями к статьям, с полным архивом журнала, а также с другой важной информацией можно ознакомиться на сайте журнала <https://ecoprom.misis.ru/jour>

Все поступающие рукописи проходят двустороннее слепое рецензирование.

Предметная область журнала охватывает отраслевую и региональную экономику промышленности; организацию учета, планирования, экономического анализа, вопросы маркетинга и менеджмента на промышленных предприятиях; экономические аспекты природопользования и охраны окружающей среды, подготовки и управления кадрами для промышленности и бизнеса. Основной акцент делается на таких отраслях промышленности, как горная, металлургическая, машиностроительная.

Журнал с 2008 г. входит в Перечень ВАК. В 2022 г. экспертами ВАК подтверждены следующие специальности новой номенклатуры ВАК:

5.2.1 Экономическая теория

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика

5.2.4. Финансы

5.2.5. Мировая экономика

5.2.6. Менеджмент

6 сентября 2024 г. журнал вошел в базу данных RSCI и ядро РИНЦ.

12 сентября 2025 г. объявлено, что журнал вошел в Белый список с первым уровнем Единого государственного перечня научных изданий (ЕГПНИ).

Журнал выходит ежеквартально в печатном и электронном виде.

Каждой статье присваивается DOI, регистрируемый в CrossRef.

Все опубликованные статьи размещаются в открытом доступе на сайте журнала одновременно с выпуском номеров в печатном формате.

Отправить рукопись в редакцию можно через сайт журнала <https://ecoprom.misis.ru/jour/login?source=%2Fjour%2Fauthor%2Fsubmit%2F1>, предварительно пройдя регистрацию в качестве автора.

Главный редактор журнала «Экономика промышленности»

доктор экономических наук, профессор, академик

Владимир Львович Квант

Контакты:

Ответственный секретарь журнала «Экономика промышленности»
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Алла Борисовна Крельберг

E-mail: ecoprom.misis@mail.ru