

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2026-1-11>

УДК 332.143

JEL P23, P48

Е. С. Митяков  ^{а)}, С. Н. Митяков ^{б)}^{а)} МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Российская Федерация^{б)} Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексева,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Методический подход к анализу эффективности отраслевых промышленных экосистем¹

Аннотация. В условиях глобальной экономической нестабильности, усугубляемой геополитическими конфликтами и разрывами цепочек поставок, отраслевые промышленные экосистемы (ОПЭ) приобретают особую значимость для обеспечения технологического суверенитета и снижения критической зависимости от импорта. Данное исследование ставит своей целью разработку методического подхода для оценки эффективности ОПЭ. В работе использован экосистемный подход, который позволяет рассматривать предприятия отрасли не как изолированные элементы, а как динамичные сети взаимосвязанных субъектов, объединенных общей платформой и ориентированных на совместное производство продукции и услуг. Авторами предложена унифицированная система индикаторов, включающая 18 показателей, сгруппированных в шесть проекций: производство, человеческий капитал, финансы, экология, инновации и цифровизация. Для апробации методики были выбраны три российские высокотехнологичные отрасли, демонстрирующие наибольшие темпы роста в 2024 г.: производство лекарственных средств и медицинских материалов; производство компьютеров, электронных и оптических изделий, а также производство прочих транспортных средств и оборудования. Результаты исследования подтвердили гипотезу о том, что данные отрасли обладают признаками ОПЭ. Анализ выявил и ряд проблем, таких как низкая рентабельность продаж, недостаточный уровень инвестиций в охрану окружающей среды и отставание по показателям цифровизации. Представленный в работе инструментарий для мониторинга и управления отраслевыми промышленными экосистемами позволяет выявлять дисбалансы и разрабатывать адресные меры государственной и корпоративной политики. Дальнейшие исследования могут быть направлены на совершенствование системы индикаторов, углубление анализа межотраслевых связей и разработку алгоритмов управления развитием ОПЭ.

Ключевые слова: отраслевая промышленная экосистема, обрабатывающая промышленность, технологический суверенитет, система индикаторов, оценка эффективности

Благодарность: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-78-10009).

Для цитирования: Митяков, Е. С., Митяков, С. Н. (2026). Методический подход к анализу эффективности отраслевых промышленных экосистем. *Экономика региона*, 22(1), 145–159. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2026-1-11>

¹ © Митяков Е. С., Митяков С. Н. Текст. 2026.

Methodical Approach to Efficiency Analysis of Sectoral Industrial Ecosystems

Abstract. Amid global instability and supply chain disruptions, sectoral industrial ecosystems (SIEs) are becoming vital for technological sovereignty and reduced import dependence. This study aims to develop a methodological framework for assessing the effectiveness of SIEs. The research is based on an ecosystem approach, which considers industrial enterprises not as isolated entities but as dynamic networks of interconnected actors united by a common platform and oriented toward the joint production of goods and services. The proposed unified system of indicators comprises 18 metrics grouped into six dimensions: production, human capital, finance, ecology, innovation, and digitalization. The study applies the methodology to three high-tech Russian sectors that showed the highest growth rates in 2024: pharmaceuticals and medical materials; computers, electronic and optical products; and other transport equipment. The results confirm the hypothesis that these sectors exhibit the key characteristics of sectoral industrial ecosystems. The analysis also identified several challenges, including low return on sales, insufficient investment in environmental protection, and lagging digitalization indicators. The toolkit presented in this study for monitoring and managing SIEs allows identifying structural imbalances, and informing targeted state and corporate policies. Future research may focus on refining the indicator system, deepening the analysis of inter-industry linkages, and developing management algorithms to support the sustainable development of sectoral industrial ecosystems.

Key words: sectoral industrial ecosystem, manufacturing industry, technological sovereignty, indicator system, performance evaluation

Acknowledgements: *The research was supported by the Russian Science Foundation (project No. 23-78-10009).*

For citation: Mityakov, E. S., & Mityakov, S. N. (2026). Methodical Approach to Efficiency Analysis of Sectoral Industrial Ecosystems. *Ekonomika regiona / Economy of regions*, 22(1), 145–159. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2026-1-11>

Введение

В условиях глобальной экономической турбулентности все большую значимость приобретает экосистемный подход к промышленному развитию. Промышленная экосистема — это динамичная, открытая и межотраслевая сеть взаимодействующих субъектов, объединенных общей платформой и ориентированных на совместное создание ценности (Moore, 2006; Wareham et al., 2014). В отличие от кластера, который характеризуется локальной замкнутой кооперацией в пределах одной территории и отрасли, экосистема предполагает межотраслевую интеграцию, цифровую координацию и эмерджентные свойства, возникающие за счет самоорганизации. В отличие от сетевой структуры, где связи носят преимущественно контрактный характер, экосистема включает элементы доверия, совместного обучения и коллективной адаптации к внешним вызовам. Именно эти особенности делают экосистемный подход наиболее адекватным инструментом для анализа сложных промышленных систем.

В отличие от традиционного системного взгляда, предполагающего анализ изолированных хозяйствующих субъектов, экосистемный подход рассматривает промышленность как совокупность взаимодействующих агентов, действующих в рамках единой среды и создающих синергетический эффект (Moore, 2006; Isenberg,

2011¹; Arranz et al., 2021). Промышленные экосистемы представляют собой сложные конфигурации участников, объединенных общей платформой и вовлеченных в совместное производство продукции и услуг с элементами эмерджентности — появлением новых системных свойств за счет взаимодействия (Wareham et al., 2014; Проскурнин, 2017). Их развитие зависит от целого ряда факторов: институциональных условий, человеческого капитала, уровня технологической зрелости, финансовой и рыночной инфраструктуры.

В современных условиях нестабильной экономики отраслевые промышленные экосистемы (ОПЭ) способны эффективно внедрять стратегии реиндустриализации и импортозамещения, которые занимают центральное место в экономической политике многих стран (Носков, Ильина, 2021; Cerisola & Capello, 2022; Maslyukova et al., 2024). Они направлены на укрепление национальной промышленной базы, снижение зависимости от внешних поставок и достижение технологического суверенитета.

Современная научная повестка демонстрирует значительный методологический плюра-

¹ Isenberg, D. J. (2011, May 25). Introducing the Entrepreneurship Ecosystem: Four Defining Characteristics, *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/danisenberg/2011/05/25/introducing-the-entrepreneurship-ecosystem-four-defining-characteristics> (дата обращения: 25.06.2025).

лизм в подходах к исследованию экосистемных процессов и их социально-экономической результативности: от институционального анализа и оценки ресурсной обеспеченности (Arranz et al., 2021; Youssef et al., 2018; Давиденко и др., 2020) до использования системных и динамических моделей, включая теории самоорганизации, модели трансформации в рамках экономики замкнутого цикла и применения технологий искусственного интеллекта (Diez et al., 2017; Tolstykh et al., 2020; Parida et al., 2019; Burström et al., 2021). При этом методы, способные учесть специфику ОПЭ, развиты не в полной мере. Между тем именно ОПЭ, формирующиеся в региональном контексте, могут становиться точками роста и инновационного развития территорий (Клейнер, 2018; Титова, 2021).

Существующие методы оценки включают: а) энтропийные модели устойчивости (Tolstykh et al., 2020), ориентированные на экологическую сбалансированность, но не охватывающие комплексную оценку производственных и инновационных характеристик; б) индексы кластерной эффективности, не учитывающие межотраслевые связи и динамику взаимодействий; в) оценки цифровых платформ (Burström et al., 2021), фокусирующиеся на ИТ-инфраструктуре и игнорирующие производственные и финансовые аспекты. Ни один из этих подходов не обеспечивает сбалансированной оценки по широкому набору проекций функционирования ОПЭ. Предлагаемая в настоящей статье методика не претендует на исчерпывающую новизну, а дополняет существующие подходы, позволяя проводить комплексную сравнительную оценку ОПЭ по шести ключевым аспектам: производство, человеческий капитал, финансы, экология, инновации и цифровизация.

Международный опыт подтверждает, что успешная индустриальная трансформация требует координированной политики, инвестиций в наукоемкие технологии и системной поддержки инноваций. В странах с развитой промышленной базой (США, Канада, Австралия) акцент сделан на цифровую трансформацию — развитие промышленного интернета вещей, аддитивных технологий и ИИ при поддержке квалифицированных кадров и исследовательских институтов (Захаров, 2018). Германия использует стратегию «Standort Deutschland» и концепцию «Индустрия 4.0» для модернизации производств и перехода к устойчивому росту, несмотря на текущие вызовы (Белов, 2016). В рамках ЕС реализуются программы, направленные на возврат высокотехнологичных производств, хотя успех зависит от гибкости национальной политики (Масютин, Животовская, 2019; Hadžić & Zeković, 2022; Cerisola & Capello, 2022). В России под дав-

лением санкций и ограничений промышленная политика делает ставку не просто на импортозамещение, а на развитие технологий опережающего характера — импортоопережение (Носков, 2021). Ведется масштабная цифровизация критической инфраструктуры (Никитин, 2025), формируется собственная технологическая база, и в ряде отраслей уже достигнут уровень конкурентоспособности и даже экспортных преимуществ.

На этом фоне усиливается интерес к экосистемному подходу как к перспективной логике организации индустриального развития. Исследования (Третьякова, Фрейман, 2022; Великий и др., 2024) показывают, что ОПЭ являются эффективным механизмом реализации политики импортонезависимости. Они объединяют сети предприятий и организаций внутри и между отраслями, связывая их производственными, кооперационными, технологическими, кадровыми и институциональными связями.

ОПЭ способствуют инновациям, совместно использованию ресурсов, распространению технологий и формированию устойчивых бизнес-связей. Их характерными чертами выступают открытость, цифровизация, применение сетевых бизнес-моделей и ориентация на устойчивое развитие. Такие экосистемы формируют коллективную устойчивость и способствуют ускоренной структурной трансформации промышленности (Feijó et al., 2024).

Таким образом, ОПЭ рассматриваются как перспективный формат организации взаимодействия участников в ключевых отраслях. Их потенциал заключается в способности обеспечивать координацию и ускоренное распространение инноваций внутри отрасли, что способствует эффективной реализации стратегий импортоопережения и реиндустриализации. Вместе с тем, как отмечалось, в современной научной литературе отсутствует единая унифицированная методика оценки эффективности именно ОПЭ. Это формирует потребность в дальнейшем развитии теоретических и методологических подходов, позволяющих количественно подтвердить их роль в укреплении промышленной устойчивости.

Формирование методического подхода к анализу эффективности промышленных экосистем

Гипотеза исследования

Исследование эффективности промышленных экосистем строится главным образом на двух подходах — региональном и отраслевом. Сущность региональной экосистемы заключается в создании условий для развития на конкретной территории через формирование особой предпринимательской культуры,

эффективной политики поддержки, доступного финансирования, развитого человеческого капитала, рыночных механизмов и комплексной инфраструктуры (Слонимская, Дубко, 2021). Важными элементами такой системы выступают тесное взаимодействие между участниками и использование научного потенциала исследовательских центров и вузов.

Региональная промышленная экосистема выступает сложноорганизованной сетью взаимосвязанных предприятий, организаций и институтов в рамках конкретного субъекта Федерации. Ключевой особенностью такой системы выступает ее целостность и направленность на достижение общих стратегических результатов (Митяков, Митяков, 2024).

Региональный опыт подтверждает жизнеспособность стратегий реиндустриализации и импортозамещения. В Новосибирской области акцент сделан на кооперацию с научными институтами, развитие высокотехнологичных кластеров и переработку агросырья (Kuleshov & Seliverstov, 2016; Zhdan et al., 2017). В Татарстане проекты локализации производств, как в случае с «Август-Полимер», позволили заместить ранее импортируемую продукцию. В Забайкалье возобновление добычи лития создает предпосылки для развития независимой энергетики нового поколения (Glazugina & Latysheva, 2021). Подобные кейсы иллюстрируют экосистемный характер реиндустриализации в России.

Согласно отраслевой парадигме, инновационно развивающиеся промышленные сектора способны эволюционировать в зрелые экосистемы, принимая на себя роль драйверов реиндустриализации (Андрианова и др., 2018). Выбор таких отраслей-драйверов становится предметом интенсивных теоретических и прикладных дискуссий. Так, В.В. Ивантер и Н.И. Комков подчеркивают приоритетность военно-промышленного комплекса как точки старта неоиндустриального подъема. По их мнению, именно ВПК способен сформировать устойчивое ядро промышленной модернизации за счет своего мультипликативного воздействия на смежные сектора и высокой концентрации технологических компетенций (Ивантер, Комков, 2012). Сходную по целям, но отличающуюся по содержанию позицию высказывает В.А. Цветков. Он считает, что наибольшим потенциалом для формирования отраслевых экосистем обладают добывающие отрасли топливно-энергетического комплекса, а также критически важная инфраструктура — в частности, телекоммуникации, транспорт и энергетика. Эти сектора, уже обладая внешней конкурентоспособностью, могут стать платформой для долгосрочной технологической трансформации, ин-

дуцируя инновации и способствуя снижению внешней зависимости (Цветков, 2017).

Отрасли промышленности могут рассматриваться как социально-экономические экосистемы, обладающие системными характеристиками, которые при метафорическом рассмотрении обнаруживают параллели с биологическими системами (Тутов, Филимонов, 2022). Во-первых, отрасли функционируют как сетевые многоуровневые структуры, объединяющие предприятия, научно-исследовательские институты, университеты и инфраструктурные организации. В таких системах циркуляция ресурсов (знаний, технологий, кадров) между участниками создает синергетический эффект, повышающий общую эффективность. Например, кооперация поставщиков и производителей снижает транзакционные издержки, а интеграция с научными организациями ускоряет генерацию инноваций. Во-вторых, отрасли демонстрируют динамическую устойчивость, обусловленную сочетанием конкуренции и кооперации, вертикальной интеграции и горизонтальных сетевых связей. Эта гибридность взаимодействий позволяет адаптироваться к внешним вызовам, подобно адаптивным процессам в сложных системах. В-третьих, развитие отрасли определяется инновационным потенциалом, где ключевую роль играют предпринимательская активность, обработка данных и управление знаниями. В-четвертых, при концептуализации через призму физико-биологического измерения можно выделить функциональные характеристики, условно аналогичные элементам биологических систем: масштаб системы (условно соотносимый с «биомассой») отражает объем производства и ресурсную базу, интеграционный потенциал обеспечивает устойчивую кооперативную взаимозависимость участников, ресурсооборот и минимизация потерь (условно — «метаболизм») оптимизируют использование ресурсов и снижают отходы.

Таким образом, отрасли промышленности, обладая сетевой структурой, динамической устойчивостью и инновационным потенциалом, могут быть концептуализированы как социально-экономические экосистемы. Использование биологической аналогии как эвристического инструмента (с оговоркой на ее условность) помогает выделить такие системные аспекты, как масштаб, кооперативная взаимозависимость и эффективность ресурсооборота. Это позволяет перейти от анализа отдельных предприятий к управлению комплексными сетевыми взаимодействиями для повышения устойчивости региональных экономик.

Гипотеза исследования заключается в способности высокотехнологичных отраслей национального хозяйства формировать отраслевые произ-

водственные экосистемы. Дальнейшие элементы авторского методологического подхода, включая выбор объектов исследования, разработку системы индикаторов и ее практическую апробацию, направлены на обоснование данной гипотезы.

Объекты исследования

Принципиальное отличие отрасли, обладающей экосистемным потенциалом, от прочих секторов промышленности заключается в ее способности формировать устойчивое технологическое и экономическое лидерство. Одним из ключевых эмпирических индикаторов такого лидерства выступает опережающая динамика роста выпуска.

Проведенный анализ агрегированных видов экономической деятельности в промышленности (рис. 1) показывает, что в 2024 г. наибольший вклад в промышленную динамику обеспечили обрабатывающие производства, продемонстрировавшие темп прироста на уровне 8,5 %. Это подтверждает их роль в качестве ведущего сегмента с высокой вероятностью перехода к экосистемной модели развития.

Далее были проанализированы темпы роста ключевых видов деятельности в составе обрабатывающих производств (рис. 2). Согласно классификации Росстата (приказ от 15.12.2017 № 832), к высокотехнологичным отраслям промышленности относятся производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях (ОКВЭД 21), производство компьютеров, электронных и оптических изделий (ОКВЭД

26), а также производство летательных аппаратов и соответствующего оборудования (ОКВЭД 30.3).

Анализ рисунка показал, что наибольшие темпы роста продемонстрировали следующие отрасли: ОКВЭД 21 (18 %), ОКВЭД 26 (28,8 %) и ОКВЭД 30.3 (34,2 %). Последняя входит в более широкую категорию — производство прочих транспортных средств и оборудования (ОКВЭД 30), которая значительно более полно представлена в официальной статистике по сравнению с ОКВЭД 30.3. Темп роста отрасли производства прочих транспортных средств и оборудования (ОКВЭД 30) составил 29,6 %, что свидетельствует о ее значительном вкладе в развитие высокотехнологичного машиностроения. Учитывая эту динамику, в дальнейшем исследовании в качестве приоритетных объектов анализа рассматриваются именно группы ОКВЭД 21, 26 и 30 как лидирующие по технологическому потенциалу и темпам роста.

Важно подчеркнуть, что выбор объектов исследования обусловлен не формальным признаком (например, долей в ВВП), а наличием признаков экосистемности: высокие темпы роста, инновационная активность, кооперационная готовность. На наш взгляд, лишь те отрасли, где реализуются условия открытости, взаимодействия и самоорганизации, могут рассматриваться как ОПЭ.

Система индикаторов

Таблица 1 демонстрирует разработанный авторами комплекс оценочных показателей ОПЭ, структурированный по шести ключевым

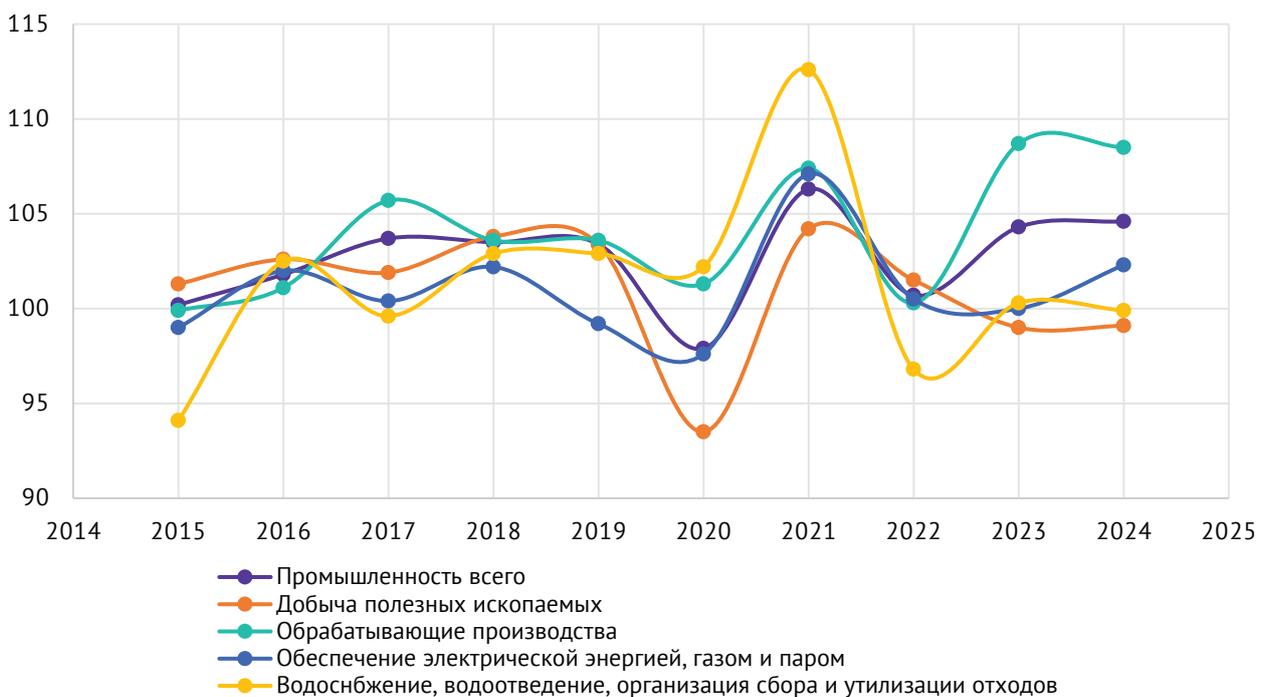


Рис. 1. Динамика индексов основных групп промышленного производства в Российской Федерации (источник: разработано авторами по данным Росстата)

Fig. 1. Dynamics of Indices for Main Industrial Production Groups in Russia (Source: created by the authors based on the Rosstat data)



Рис. 2. Динамика индексов некоторых отраслей, включенных в группу обрабатывающих производств в Российской Федерации (источник: разработано авторами по данным Росстата)
Fig. 2. Dynamics of Indices for Selected Industries in Russia's Manufacturing Sector (Source: created by the authors based on the Rosstat data)

аспектам (проекциям). Каждый аспект включает три конкретных измерительных параметра. Критерием включения индикаторов в систему послужила их диагностическая ценность для оценки ключевых параметров функционирования ОПЭ. Каждый показатель соответствует одному из стратегических приоритетов: производительность труда, экологическая безопасность, инновационная активность и долгосрочная устойчивость.

Каждая из шести проекций представлена тремя показателями, отобранными по критерию содержательной релевантности и информативности. Индикаторы отражают ключевые аспекты функционирования ОПЭ и обеспечивают достаточную основу для формирования агрегированных индексов. При этом учитывалась как теоретическая обоснованность показателей (их соответствие стратегическим приоритетам устойчивого развития), так и практическая возможность их измерения на основе официальной статистики. Все показатели рассчитаны на основе официальной статистики Росстата за период 2017–2024 гг. Выбор временного интервала обусловлен необходимостью охвата как предпандемического, так и постпандемического этапов экономического развития, а также периода реа-

лизации в России стратегий импортозамещения и импортоопережения.

Нормализация и обобщенные индексы

Для обеспечения сопоставимости и визуализации индикаторов с различными единицами измерения на единой диаграмме была применена процедура нормализации, основанная на использовании нелинейных функций. Такой подход позволяет устранить эффект размерности и сделать показатели масштабно сопоставимыми без потери смысловой нагрузки. Нелинейная нормализация обеспечивает сглаживание крайних значений и повышает чувствительность в диапазоне, критически важном для аналитической интерпретации, тем самым позволяя более точно отразить различия в уровне развития исследуемых объектов:

$$y = 2^{-a/x}, \quad (1)$$

где y — безразмерный индикатор после нормализации, который может изменяться от 0 до 1; x — исходный индикатор; a — его пороговое значение.

В качестве пороговых значений были приняты показатели соответствующих индикаторов, характерные для обрабатывающей промышленности в целом (за исключением коэффици-

Таблица 1

Система индикаторов для оценки эффективности отраслевой промышленной экосистемы

Table 1

Indicator System for Assessing the Efficiency of the Sectoral Industrial Ecosystem

| Индикатор | Пояснения |
|--|---|
| <i>Производство</i> | |
| 1. Темп прироста промышленного производства, % | Позволяет анализировать динамику промышленного производства в анализируемой отрасли |
| 2. Темп прироста инвестиций в основной капитал, % | Отражает инвестиционную привлекательность и капиталоемкость отрасли |
| 3. Износ основных фондов, % | Характеризует техническое состояние и потенциальные риски производственных активов |
| <i>Человеческий капитал</i> | |
| 4. Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников, руб. | Показывает кадровый потенциал и привлекательность рабочих мест |
| 5. Коэффициент выбытия работников отрасли, % (отношение уволенных по собственному желанию к численности работающих) | Высокий коэффициент выбытия может указывать на неудовлетворительные условия труда в отрасли. Снижение коэффициента выбытия демонстрирует рост эффективности HR-политики в отрасли |
| 6. Производительность труда, тыс. руб./чел. (отношение объема производства к среднегодовой численности работников организаций отрасли) | Показывает, насколько эффективно компании в отрасли используют свои трудовые ресурсы для производства товаров или услуг |
| <i>Финансы</i> | |
| 7. Коэффициент текущей ликвидности (отношение текущих активов к краткосрочным обязательствам) | Характеризует способность компаний отрасли погашать свои краткосрочные обязательства за счет своих текущих активов |
| 8. Рентабельность продаж (отношение прибыли от продаж к выручке), % | Показывает, какую прибыль отрасль получает с каждого рубля выручки. Измеряет способность предприятий отрасли контролировать свои расходы |
| 9. Доля собственных средств в общей структуре капитала, % | Показывает, какая часть активов предприятий отрасли финансируется за счет собственных средств |
| <i>Экология</i> | |
| 10. Утилизация и обезвреживание отходов производства и потребления, % | Показывает, насколько эффективно организована система управления отходами в отрасли, включая сбор, сортировку, переработку, утилизацию и обезвреживание отходов |
| 11. Улавливание загрязняющих атмосферу веществ, % | Показывает, насколько эффективно работают системы очистки выбросов в отрасли, улавливая и обезвреживая вредные вещества, прежде чем они попадут в атмосферу |
| 12. Доля затрат на охрану окружающей среды в общей структуре затрат, % | Показывает, какие инвестиции отрасль делает в экологические проекты, технологии и мероприятия, направленные на снижение негативного воздействия на окружающую среду |
| <i>Инновации</i> | |
| 13. Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации, % | Показывает, какая доля организаций в отрасли активно внедряет новые технологии, продукты, процессы или организационные методы |
| 14. Интенсивность затрат на инновационную деятельность (отношение затрат к выпуску продукции), % | Используется для оценки эффективности инвестиций в инновации на отраслевом уровне |
| 15. Доля инновационных товаров в общем объеме отгруженных товаров, % | Характеризует результативность внедрения новых технологий |
| <i>Цифровизация</i> | |
| 16. Использование персональных компьютеров в организациях отрасли, % | Демонстрирует, насколько отрасль ориентирована на использование современных информационных технологий и цифровизацию бизнес-процессов |
| 17. Использование серверов в организациях отрасли, % | Свидетельствует о наличии развитой IT-инфраструктуры в организациях отрасли, что необходимо для эффективной работы современных приложений и сервисов |
| 18. Использование Web-сайта в организациях отрасли, % | Показывает, насколько активно организации отрасли используют интернет для представления своей деятельности, продвижения товаров и услуг и взаимодействия с клиентами |

Источник: разработано авторами.

ента текущей ликвидности, значение которого должно превышать 1,5, и доли собственных средств в структуре капитала, уровень которой принят более 50 %). При этом значение показателя $y < 0,5$ свидетельствует о том, что положение в рассматриваемой отрасли хуже среднего уровня по обрабатывающей промышленности. Значение $y = 0,5$ указывает на соответствие динамики развития отрасли среднему уровню по группе. Превышение порогового значения ($y > 0$) интерпретируется как наличие у отрасли потенциала, превышающего среднеотраслевой уровень по обрабатывающему сектору.

Для ряда индикаторов, увеличение значений которых свидетельствует о негативных тенденциях в развитии (например, коэффициент износа основных фондов), вместо формулы (1) применяется обратное преобразование, позволяющее адекватно отразить влияние показателей на итоговую оценку:

$$y = 2^{-x/a}. \quad (2)$$

После проведения преобразований для всех типов индикаторов зона риска определяется в области $y < 0,5$, в то время как зона стабильности соответствует значениям $y > 0,5$.

Для нормализации темпов прироста промышленного производства и инвестиций в основной капитал функции (1) и (2) не могут применяться из-за возможного наличия отрицательных показателей. В этом случае была использована функция:

$$y = \frac{\arctg\left(\frac{x-a}{b} + \frac{\pi}{2}\right)}{\pi}, \quad (3)$$

где b — коэффициент пропорциональности, выбираемый для оптимизации динамического диапазона нормализованных данных (в нашем случае было положено $b = 10$).

Выбор S-образной нелинейной функции (3) обусловлен ее свойством обеспечивать робастность к экстремальным выбросам при сохранении высокой чувствительности в околонулевой области, что критически важно для показателей темпов прироста, принимающих как положительные, так и отрицательные значения. Валидность функции арктангенса подтверждена опытом ее использования для нормализации экономических показателей (Митяков, Митяков, 2021) и результатами тестирования на репрезентативных выборках данных.

Анализ отдельных показателей обеспечивает возможность исследования их динамики, построения прогнозных моделей и выявления взаимосвязей между параметрами (Ладынин, 2024).

Обобщенные индексы, являющиеся агрегированными показателями, сформированными на основе свертки различных индикаторов

по отдельным проекциям, позволяют выявлять комплексные тенденции и принимать обоснованные управленческие решения в ОПЭ. Для расчета обобщенных индексов по каждой проекции используется взвешенное среднее, которое определяется следующей формулой:

$$Z = \sum_{i=1}^3 s_i y_i, \sum_{i=1}^3 s_i = 1, \quad (4)$$

где Z — обобщенный индекс проекции, s_i — вес i -го индикатора внутри проекции.

Равновесная весовая структура показателей в рамках проекции принята как методологическое допущение, т.к. дифференциация весов не является целесообразной: она усложнила бы аппарат оценки без обеспечения значимого изменения результатов при умеренной вариации коэффициентов.

Для анализа динамики изменения значений индикаторов и обобщенных индексов применялся метод оценки наклонов линейных трендов, позволяющий количественно характеризовать тенденции роста или снижения исследуемых показателей.

Результаты

Для иллюстрации авторского методического подхода на рисунке 3 представлен сравнительный анализ нормализованных показателей эффективности ОПЭ высокотехнологичных секторов экономики, приведенных в таблице 1 за 2024 г.

Рисунок демонстрирует, что лидерство выбранных отраслей проявляется преимущественно по показателям инновационного развития и темпам прироста промышленного производства. Темп прироста инвестиций в основной капитал значительно превышает средний показатель только в отрасли производства компьютеров, электронных и оптических изделий (ОКВЭД 26). Уровень износа основных фондов в рассматриваемых отраслях близок к среднему значению, характерному для обрабатывающего производства.

В кадровом аспекте заработная плата в высокотехнологичных отраслях превышает средний уровень по обрабатывающей промышленности. Коэффициент выбытия кадров находится около порогового значения. Анализ производительности труда по исследуемым отраслям выявил существенные диспропорции. В фармацевтическом секторе (ОКВЭД 21) данный показатель достигает пороговых значений, тогда как в электронной промышленности (ОКВЭД 26) фиксируется его заметное снижение. Наиболее критическая ситуация сложилась в сегменте специализированного транспортного оборудования (ОКВЭД 30), где производительность демонстрирует значительное отставание от нормативных уровней.



Рис. 3. Нормализованные индикаторы эффективности отраслевых промышленных экосистем в Российской Федерации, данные 2024 г. (источник: разработано авторами по данным Росстата)

Fig. 3. Normalized Efficiency Indicators of Russia’s Sectoral Industrial Ecosystems, 2024 (Source: created by the authors based on the Rosstat data)

Финансовые показатели существенно различаются между отраслями. Рентабельность продаж в отрасли производства прочих транспортных средств и оборудования (ОКВЭД 30) характеризуется крайне низким уровнем. В экологической проекции все три отрасли демонстрируют недостаточные инвестиции в охрану окружающей среды. Эффективность улавливания загрязняющих атмосферу веществ и утилизации производственных отходов в отрасли производства прочих транспортных средств и оборудования (ОКВЭД 30) оценивается как неудовлетворительная.

Показатели цифровизации во всех трех отраслях находятся на уровне, сопоставимом со средними значениями по обрабатывающему сектору.

На рисунке 4 представлена динамика изменения значений нормализованных индикаторов, рассчитанных по наклонам линейных трендов за период 2017–2024 г.

Большинство индикаторов характеризуются темпами роста, близкими к нулю. Вместе с тем показатели экологической проекции, такие как улавливание загрязняющих атмосферу веществ и утилизация производственных отходов, демонстрируют значительный положительный тренд в отрасли производства лекар-

ственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях (ОКВЭД 21), умеренный рост — в отрасли производства компьютеров, электронных и оптических изделий (ОКВЭД 26), и отрицательную динамику — в отрасли производства прочих транспортных средств и оборудования (ОКВЭД 30).

Темп прироста инвестиций в основной капитал демонстрирует незначительное отрицательное значение в производстве прочих транспортных средств и оборудования (ОКВЭД 30), положительную динамику в производстве компьютеров, электронных и оптических изделий (ОКВЭД 26) и существенное снижение в фармацевтическом производстве (ОКВЭД 21). Параллельно темп прироста промышленного производства сохраняет устойчивую положительную тенденцию в сегменте компьютерной и электронной продукции (ОКВЭД 26).

Рисунок 5 представляет результаты сравнительной оценки интегральных индексов по ключевым аспектам системы показателей эффективности ОПЭ. Из рисунка видно, что среди трех отраслей лидирующую позицию занимает производство компьютеров, электронных и оптических изделий (ОКВЭД 26), что особенно проявля-



Рис. 4. Темпы роста нормализованных индикаторов эффективности отраслевых промышленных экосистем в Российской Федерации (линейные тренды за период 2017–2024 г.) (источник: разработано авторами по данным Росстата)

Fig. 4. Growth Rates of Normalized Efficiency Indicators of Russia's Sectoral Industrial Ecosystems: Linear Trends, 2017–2024 (Source: created by the authors based on the Rosstat data)

ется в проекциях «Производство» и «Инновации». В то же время отрасль производства прочих транспортных средств и оборудования (ОКВЭД 30) заметно отстает в проекции «Финансы» и особенно выражено — в проекции «Экология».

Проведенный анализ предоставляет основания для признания высокотехнологичных секторов российской промышленности в качестве ОПЭ. Во-первых, ключевым аргументом выступает значительная доля исследуемых отраслей в общем объеме обрабатывающего производства: фармацевтический сектор (ОКВЭД 21) формирует 1,7 % выпуска, электронное машиностроение (ОКВЭД 26) — 4,2 %, производство специализированного транспортного оборудования (ОКВЭД 30) — 4,5 %, что свидетельствует о достижении критической массы для формирования экосистемных эффектов.

Во-вторых, важным фактором является кадровый потенциал: численность занятых в данных отраслях составляет 1,6 % от общего числа работников обрабатывающей промышленности в сфере производства лекарственных средств, 6,3 % — в производстве компьютерной и электронной техники и 8,6 % — в производстве прочих транспортных средств и оборудования.

В-третьих, указанные отрасли демонстрируют опережающий темп роста по сравнению со средним уровнем обрабатывающей промышленности (108,5 %): производство лекарственных средств выросло на 118 %, компьютерной и электронной техники — на 128,8 %, а прочих транспортных средств и оборудования — на 129,6 %. При этом темпы роста в отраслях производства компьютерной техники и авиастроения за последние четыре года увеличиваются более чем на 8 процентных пунктов ежегодно, что сопровождается ростом инвестиций в основной капитал, особенно в фармацевтической отрасли.

В-четвертых, высокий уровень инновационного развития данных отраслей проявляется в значительной доле инновационной продукции, которая превышает 10 % в фармацевтическом производстве и составляет более 20 % в производстве компьютерной техники и прочих транспортных средств, тогда как средний показатель по обрабатывающей промышленности составляет 7–8 %.

Наконец, в-пятых, эти отрасли характеризуются высокой социальной ответственностью и улучшением экологических показателей, что особенно выражено в фармацевтической

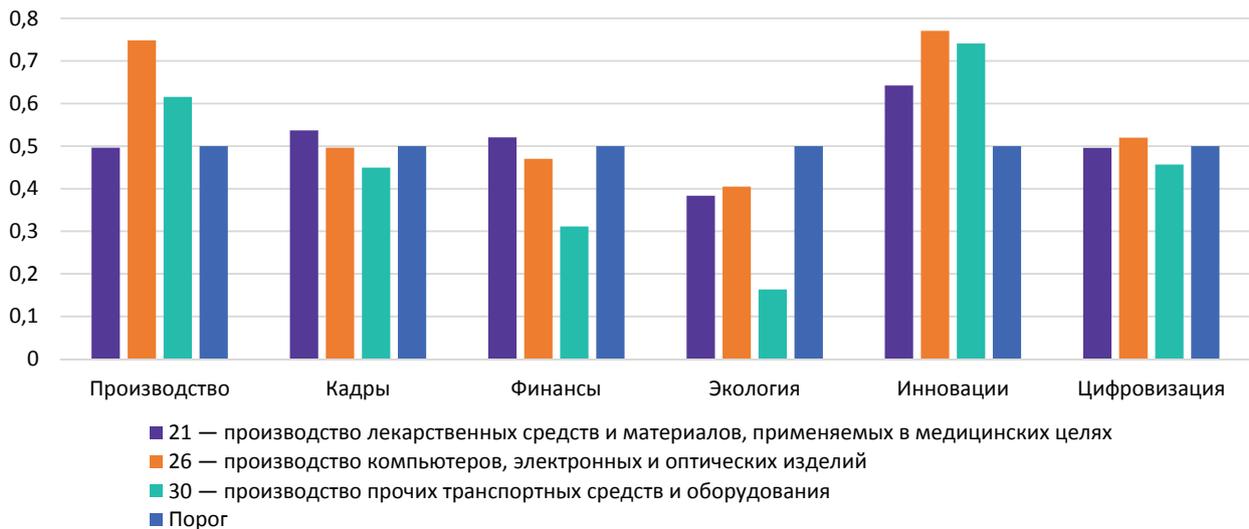


Рис. 5. Сравнительный анализ обобщенных индексов проекций ОПЭ (источник: разработано авторами по данным Росстата)
Fig. 5. Comparative Analysis of Aggregated Projection Indices of Sectorial Industrial Ecosystems
 (Source: created by the authors based on the Rosstat data)

и электронной промышленности. Все перечисленные факторы обосновывают роль данных секторов как драйверов реиндустриализации и технологического развития экономики.

Заклучение

Проведенное исследование подтверждает принципиальную возможность и обоснованность рассмотрения ключевых высокотехнологичных отраслей российской промышленности в качестве ОПЭ, выступающих драйверами модернизации российской экономики. Представленный в работе оригинальный методический подход, включающий унифицированную систему индикаторов, сгруппированных по шести проекциям, и процедуру их нормализации, предоставляет инструментарий для комплексной оценки эффективности таких ОПЭ.

Предложенный подход позволяет не только выявить сильные и слабые стороны конкретных отраслей по ключевым аспектам их функционирования (производство, кадры, финансы, экология, инновации, цифровизация), но и проводить их сравнительный анализ. Это создает объективную основу для мониторинга состояния ОПЭ, выявления дисбалансов и разработки адресных мер государственной и корпоративной политики, направленных на усиление их вклада в технологический суверенитет и снижение внешней зависимости.

Предлагаемый подход обладает значительной практической ценностью благодаря своей универсальности при анализе и управлении промышленными экосистемами на различных уровнях. Такой подход носит мезоуровневый характер и предназначен для идентификации отраслей с признаками экосистемности, что не заменяет, а дополняет микроуровневые исследования (интервью, кейсы, сетевой анализ). После выявления

таких отраслей возможен углубленный анализ взаимодействий участников. Кроме того, анализ дисбалансов по проекциям (например, низкие экологические затраты) позволяет формулировать адресные рекомендации по усилению отдельных компонентов экосистемы.

Данная методика демонстрирует потенциал для применения в различных промышленных отраслях, однако имеет существенные ограничения, характерные для экосистемного подхода: изменчивость внешней среды, неполноту данных и сложность учета всех влияющих факторов. Дополнительные ограничения связаны с методологическими особенностями, включая субъективность оценок, корреляцию показателей и трудности анализа гетерогенных взаимодействий в условиях отраслевой специфики.

Дальнейшее развитие подхода предполагает оптимизацию системы показателей, углубленное изучение межотраслевых взаимодействий и создание эффективных управленческих алгоритмов для ОПЭ. Так, проекция «Цифровизация» рассматривается нами как минимальный порог вовлеченности в цифровую экосистему. В дальнейшем предполагается заменить ее на проекцию «Цифровая зрелость», отражающую уровень внедрения предприятиями отрасли современных информационных технологий (интернет вещей, цифровые двойники и др.). Хотя они уже включены в форму статистического наблюдения №3-информ, многие предприятия из-за недостатка информационной культуры испытывают сложности с ее заполнением. Кроме того, по мере развития системы статистической отчетности предполагается введение в систему проекции «Интеграционный потенциал» по аналогии с тем, как это было сделано в работе (Митяков, Митяков, 2024) для региональных промышленных экосистем.

Список источников

- Андрианова, Е. В., Давыденко, В. А., Худякова, М. В. (2018). Реиндустриализация: генезис проблематики и теоретические подходы к ее изучению в начале XXI века. *Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования*, 4(4), 24–61. <https://doi.org/10.21684/2411-7897-2018-4-4-24-61>
- Белов, В. Б. (2016). Новая парадигма промышленного развития Германии – стратегия «Индустрия 4.0». *Современная Европа*, (5(71)), 11–22. <https://doi.org/10.15211/soveurope520164146>
- Великий, В. А. Толстых, Т. О., Шмелева, Н. В. (2024). Подход к оценке эффективности промышленной интеграции в условиях реализации политики импортонезависимости. *Естественно-гуманитарные исследования*, (4(54)), 95–100.
- Давыденко, Л. М., Беспальый, С. В., Бекниязова, Д. С. (2020). Ресурсная парадигма построения промышленной экосистемы цифрового формата. *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*, (1(80)), 58–68. <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2020-1-58-68>
- Захаров, А. Н. (2018). Перспективы реиндустриализации развитых экономик (США, Канада и Австралия). *Вестник МГИМО-Университета*, (1(58)), 213–245. <https://doi.org/10.24833/2071-8160-2018-1-58-213-245>
- Ивантер, В. В., Комков, Н. И. (2012). Основные положения концепции инновационной индустриализации России. *Проблемы прогнозирования*, (5), 3–12.
- Клейнер, Г. Б. (2018). Промышленные экосистемы: взгляд в будущее. *Экономическое возрождение России*, (2(56)), 53–62.
- Ладынин, А. И. (2024). Краткосрочные биржевые индексы как инструмент оценки и прогнозирования научно-технологической безопасности. *Российский технологический журнал*, 12(6), 113–126. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2024-12-6-113-126>
- Масютин, С. А., Живоговская, А. Г. (2019). Реиндустриализация экономики как основа промышленной политики России. *Экономика промышленности*, 12(4), 416–425. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-4-416-425>
- Митяков, Е. С., Митяков, С. Н. (2024). Методический подход к анализу эффективности региональных промышленных экосистем. *Экономика региона*, 20(3), 836–850. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-3-15>
- Митяков, С. Н., Митяков, Е. С. (2021). Анализ кризисных явлений в экономике России с использованием быстрых индикаторов экономической безопасности. *Проблемы прогнозирования*, (3(186)), 29–40. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-186-29-40>
- Никитин, Н. А. (2025). Роль импортозамещения в укреплении национальной экономики России (в высокотехнологичной отрасли). *Экономика и управление: проблемы, решения*, 4(3(156)), 62–68. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.03.04.007>
- Носков, В. А. (2021). Постиндустриальное развитие и характер деиндустриализации в мировой экономике и экономическая безопасность России. *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 12(3), 61–69. <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-3-61-69>
- Носков, В. А., Ильина, А. С. (2021). Мировой опыт импортозамещения и реиндустриализации и политика экономической безопасности России. *Вестник Самарского государственного экономического университета*, (3(197)), 17–27. <https://doi.org/10.46554/1993-0453-2021-3-197-17-27>
- Проскурнин, С. Д. (2017). Создание самоорганизуемой инновационной экосистемы в зонах особого территориального развития. *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*, (4(52)), 6. <https://eee-region.ru/article/5206> (дата обращения: 25.06.2025).
- Слонимская, М. А., Дубко, Н. А. (2021). Региональные предпринимательские экосистемы: сущность и алгоритм формирования. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, (2(41)), 161–178. <https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-161-178>
- Титова, Н. Ю. (2021). Промышленные экосистемы и кластеры как инструменты реализации целей устойчивого развития. *Азимут научных исследований: экономика и управление*, 10(4(37)), 267–270. <https://doi.org/10.26140/anie-2021-1004-0063>
- Третьякова, Е. А., Фрейман, Е. Н. (2022). Экосистемный подход в современных экономических исследованиях. *Вопросы управления*, (1(74)), 6–20. <https://doi.org/10.22394/2304-3369-2022-1-6-20>
- Тутов, Л. А., Филимонов, И. В. (2022). Предметная идентификация экосистем в экономико-социальной сфере. *Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика*, (6), 21–41. <https://doi.org/10.38050/01300105202262>
- Цветков, В. А. (2017). Итоги и перспективы развития национальной экономики. *Проблемы рыночной экономики*, (3), 4–13.
- Arranz, N., Arguello, N., & de Arroyabe, J. C. F. (2021). How do internal, market and institutional factors affect the development of eco-innovation in firms? *Journal of Cleaner Production*, 297, 126692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126692>
- Burström, T., Parida, V., Lahti, T., & Wincent, J. (2021). AI-enabled business-model innovation and transformation in industrial ecosystems: a framework, model and outline for further research. *Journal of Business Research*, 127, 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.01.016>

- Cerisola, S., & Capello, R. (2022). Regional reindustrialization patterns and productivity growth in Europe. *Regional Studies*, 57(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/00343404.2022.2050894>
- Glazyrina, I. P., & Latysheva, M. A. (2021). On the issue of reindustrialization of the border regions in the East of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/629/1/012013>
- Diez, L., Marangé, P., & Levrat, É. (2017). Regeneration management tool for industrial ecosystem. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 12950–12955. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1797>
- Feijó, C., Feil, F., & Teixeira, F. A. (2024). Reindustrialization in the sustainable development convention. *Brazilian Journal of Political Economy*, 44(4), e243626. <http://dx.doi.org/10.1590/0101-31572024-3626>
- Hadžić, M., & Zeković, S. (2022). Is reindustrialization a realistic path? An empirical insight from South-Eastern Europe. *Spatium*, (48), 1–10. <https://doi.org/10.2298/SPAT220603009H>
- Kuleshov, V. V., & Seliverstov, V. E. (2016). Program for reindustrialization of the Novosibirsk Oblast Economy: Development ideology and main directions of implementation. *Regional Research of Russia*, 6, 214–226. <https://doi.org/10.1134/S2079970516030047>
- Maslyukova, E., Volchik, V., & Strielkowski, W. (2024). Reindustrialization, innovative sustainable economic development, and societal values: a cluster analysis approach. *Economies*, 12(12), 331. <https://doi.org/10.3390/economies12120331>
- Moore, J. F. (2006). Business ecosystems and the view of the firm. *The Antitrust Bulletin*, 51(1), 31–75. <https://doi.org/10.1177/0003603X0605100103>
- Parida, V., Burström, T., Visnjic, I., & Wincent, J. (2019). Orchestrating industrial ecosystem in circular economy: A two-stage transformation model for large manufacturing companies. *Journal of Business Research*, 101(5), 715–725. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.006>
- Tolstykh, T., Shmeleva, N., Vertakova, Y., & Plotnikov, V. (2020). The entropy model for sustainability assessment in industrial ecosystems. *Inventions*, 5(4), 54. <https://doi.org/10.3390/inventions5040054>
- Wareham, J., Fox, P. B., & Cano Giner, J. L. (2014). Technology ecosystem governance. *Organization Science*, 25(4), 1195–1215. <https://doi.org/10.1287/orsc.2014.0895>
- Youssef, A. B., Boubaker, S., & Omri, A. (2018). Entrepreneurship and sustainability: The need for innovative and institutional solutions. *Technological Forecasting and Social Change*, 129, 232–241. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.003>
- Zhdan, G. V., Shchetinina, I. V., & Voronov, Yu. P. (2017). Reindustrialization of the economies of rural territories (a case study of Novosibirsk oblast). *Regional Research of Russia*, 7(4), 342–351. <https://doi.org/10.1134/S2079970517040116>

References

- Andrianova, E. V., Davydenko, V. A., & Khudyakova, M. V. (2018). Reindustrialization: The Genesis of the Problems and Theoretical Approaches to its Studying at the Early 21st Century. *Vestnik Tyumenskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Sotsial'no-Ekonomicheskie i Pravovye Issledovaniya [Tyumen State University Herald. Social, Economic, and Law Research]*, 4(4), 24–61. <https://doi.org/10.21684/2411-7897-2018-4-4-24-61> (In Russ.)
- Arranz, N., Arguello, N., & de Arroyabe, J. C. F. (2021). How do Internal, Market and Institutional Factors Affect the Development of Eco-innovation in Firms? *Journal of Cleaner Production*, 297, 126692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126692>
- Belov, V. B. (2016). New Paradigm of Industrial Development of Germany — Strategy “Industry 4.0”. *Sovremennaya Evropa [Contemporary Europe]*, (5(71)), 11–22. <https://doi.org/10.15211/soveurope520164146> (In Russ.)
- Burström, T., Parida, V., Lahti, T., & Wincent, J. (2021). AI-Enabled Business-Model Innovation and Transformation in Industrial Ecosystems: A Framework, Model and Outline for Further Research. *Journal of Business Research*, 127, 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.01.016>
- Cerisola, S., & Capello, R. (2022). Regional Reindustrialization Patterns and Productivity Growth in Europe. *Regional Studies*, 57(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/00343404.2022.2050894>
- Davidenko, L. M., Bepalyi, S. V., & Bekniyazova, D. S. (2020). Resource Paradigm of Industrial Ecosystem Digital Format Construction. *Vestnik Belgorodskogo Universiteta Kooperatsii, Ekonomiki i Prava [Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law]*, (1(80)), 58–68. <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2020-1-58-68> (In Russ.)
- Diez, L., Marangé, P., & Levrat, É. (2017). Regeneration Management Tool for Industrial Ecosystem. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 12950–12955. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1797>
- Feijó, C., Feil, F., & Teixeira, F. A. (2024). Reindustrialization in the Sustainable Development Convention. *Brazilian Journal of Political Economy*, 44(4), e243626. <http://dx.doi.org/10.1590/0101-31572024-3626>
- Glazyrina, I. P., & Latysheva, M. A. (2021). On the Issue of Reindustrialization of the Border Regions in the East of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/629/1/012013>
- Hadžić, M., & Zeković, S. (2022). Is Reindustrialization a Realistic Path? An Empirical Insight from South-Eastern Europe. *Spatium*, (48), 1–10. <https://doi.org/10.2298/SPAT220603009H>
- Ivanter, V. V., & Komkov, N. I. (2012). Basic Provisions of Russia’s Innovation Industrialization Concept. *Problemy Prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development]*, (5), 3–12. <https://doi.org/10.1134/S1075700712050073> (In Russ.)

- Kleiner, G. B. (2018). Industrial Ecosystems: Foresight. *Ekonomicheskoe Vozrozhdenie Rossii [Economic Revival of Russia]*, (2(56)), 53–62. (In Russ.)
- Kuleshov, V. V., & Seliverstov, V. E. (2016). Program for Reindustrialization of the Novosibirsk Oblast Economy: Development Ideology and Main Directions of Implementation. *Regional Research of Russia*, 6, 214–226. <https://doi.org/10.1134/S2079970516030047>
- Ladynin, A. I. (2024). Short-Term Stock Indices as a Tool for Assessing and Forecasting Scientific and Technological Security. *Rossiiskii Tekhnologicheskii Zhurnal [Russian Technological Journal]*, 12(6), 113–126. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2024-12-6-113-126> (In Russ.)
- Maslyukova, E., Volchik, V., & Strielkowski, W. (2024). Reindustrialization, Innovative Sustainable Economic Development, and Societal Values: a Cluster Analysis Approach. *Economies*, 12(12), 331. <https://doi.org/10.3390/economies12120331>
- Masyutin, S. A., & Zhivotovskaya, A. G. (2019). Reindustrialization of the Economy as a Basis of Industrial Policy of Russia. *Ekonomika Promyshlennosti [Russian Journal of Industrial Economics]*, 12(4), 416–425. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-4-416-425> (In Russ.)
- Mityakov, E. S., & Mityakov, S. N. (2024). Methodological Approach to the Efficiency Analysis of Regional Industrial Ecosystems. *Ekonomika Regiona [Economy of Regions]*, 20(3), 836–850. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-3-15> (In Russ.)
- Mityakov, S. N., & Mityakov, E. S. (2021). Analysis of Crisis Phenomena in the Russian Economy Using Fast Indicators of Economic Security. *Problemy Prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development]*, (3(186)), 29–40. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-186-29-40> (In Russ.)
- Moore, J. F. (2006). Business Ecosystems and the View of the Firm. *The Antitrust Bulletin*, 51(1), 31–75. <https://doi.org/10.1177/0003603X0605100103>
- Nikitin, N. A. (2025). The Role of Import Substitution in Strengthening the National Economy of Russia (In the High-Tech Industry). *Ekonomika i Upravlenie: Problemy, Resheniya [Economics and Management: Problems, Solutions]*, 4(3(156)), 62–68. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.03.04.007> (In Russ.)
- Noskov, V. A. (2021). Post-Industrial Development and the Nature of Deindustrialization in the World Economy and Economic Security of Russia. *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie [Vestnik of Samara University. Economics and Management]*, 12(3), 61–69. <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-3-61-69> (In Russ.)
- Noskov, V. A., & Ilina, A. S. (2021). World Experience of Import Substitution and Reindustrialization and Russia's Economic Security Policy. *Vestnik Samarskogo Gosudarstvennogo Ekonomicheskogo Universiteta [Vestnik of Samara State University of Economics]*, (3(197)), 17–27. <https://doi.org/10.46554/1993-0453-2021-3-197-17-27> (In Russ.)
- Parida, V., Burström, T., Visnjic, I., & Wincent, J. (2019). Orchestrating Industrial Ecosystem in Circular Economy: A Two-Stage Transformation Model for Large Manufacturing Companies. *Journal of Business Research*, 101(5), 715–725. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.006>
- Proskurnin, S. D. (2017). Creation of Self-Organized Innovative Ecosystems in Zones of Special Territorial Development. *Regional'naya Ekonomika i Upravlenie: Elektronnyi Nauchnyi Zhurnal [Regional economics and Management: Electronic Scientific Journal]*, (4(52)), 6. <https://eee-region.ru/article/5206> (Date of access: 25.06.2025) (In Russ.)
- Slonimskaya, M. A., & Dubko, N. A. (2021). Regional Entrepreneurial Ecosystems: Essence and Algorithm of Formation. *Vestnik Vitebskogo Gosudarstvennogo Tekhnologicheskogo Universiteta [Bulletin of Vitebsk State Technological University]*, (2(41)), 161–178. <https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-161-178> (In Russ.)
- Titova, N. Yu. (2021). Industrial Ecosystems and Clusters as Tools for Implementing Sustainable Development Goals. *Azimut Nauchnykh Issledovaniy: Ekonomika i Upravlenie [Azimuth of Scientific Research: Economics and Management]*, 10(4(37)), 267–270. <https://doi.org/10.26140/anie-2021-1004-0063> (In Russ.)
- Tolstykh, T., Shmeleva, N., Vertakova, Y., & Plotnikov, V. (2020). The entropy model for sustainability assessment in industrial ecosystems. *Inventions*, 5(4), 54. <https://doi.org/10.3390/inventions5040054>
- Tretyakova, E. A., & Freiman, E. N. (2022). Ecosystem Approach in Modern Economic Research. *Voprosy Upravleniya [Management Issues]*, (1(74)), 6–20. <https://doi.org/10.22394/2304-3369-2022-1-6-20> (In Russ.)
- Tsvetkov, V. A. (2017). Results and Prospects of the National Economy Development. *Problemy Rynochnoi Ekonomiki [Market Economy Problems]*, (3), 4–13 (In Russ.)
- Tutov, L. A., & Filimonov, I. V. (2022). Subject Identification of Ecosystems in Economic and Social Sphere. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 6: Ekonomika [Lomonosov Economics Journal]*, (6), 21–41. <https://doi.org/10.38050/01300105202262> (In Russ.)
- Velikii, V. A., Tolstykh, T. O., & Shmeleva, N. V. (2024). An Approach to Assessing the Effectiveness of Industrial Integration in the Context of Implementing the Policy of Import Independence. *Estestvenno-Gumanitarnye Issledovaniya [Natural-Humanitarian Research]*, (4(54)), 95–100. (In Russ.)
- Wareham, J., Fox, P. B., & Cano Giner, J. L. (2014). Technology Ecosystem Governance. *Organization Science*, 25(4), 1195–1215. <https://doi.org/10.1287/orsc.2014.0895>

Youssef, A. B., Boubaker, S., & Omri, A. (2018). Entrepreneurship and Sustainability: The Need for Innovative and Institutional Solutions. *Technological Forecasting and Social Change*, 129, 232–241. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.003>

Zakharov, A. N. (2018). The Problem of Reindustrialization of the World Economy. *Vestnik MGIMO-Universiteta [MGIMO Review of International Relations]*, (1(58)), 213–245. <https://doi.org/10.24833/2071-8160-2018-1-58-213-245> (In Russ.)

Zhdan, G. V., Shchetinina, I. V., & Voronov, Yu. P. (2017). Reindustrialization of the Economies of Rural Territories (A Case Study of Novosibirsk Oblast). *Regional Research of Russia*, 7(4), 342–351. <https://doi.org/10.1134/S2079970517040116>

Информация об авторах

Митяков Евгений Сергеевич — доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой КБ-9 «Предметно-ориентированные информационные системы», Институт кибербезопасности и цифровых технологий, МИРЭА — Российский технологический университет; <https://orcid.org/0000-0001-6579-0988>; Scopus Author ID: 55960540500 (Российская Федерация, 119454, г. Москва, пр-т. Вернадского, 78; e-mail: mityakov@mirea.ru).

Митяков Сергей Николаевич — доктор физико-математических наук, профессор, директор, Институт экономики и управления, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева; <https://orcid.org/0000-0002-7086-7457>; Scopus Author ID: 57207668171 (Российская Федерация, 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24; e-mail: snmit@mail.ru).

About the authors

Evgenii S. Mityakov — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Head of the Department, KB-9 “Subject-Oriented Information Systems”, Institute of Cybersecurity and Digital Technologies, MIREA — Russian Technological University; <https://orcid.org/0000-0001-6579-0988>; Scopus Author ID: 55960540500 (78, Vernadskogo Ave., Moscow, 119454, Russian Federation; e-mail: mityakov@mirea.ru).

Sergey N. Mityakov — Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Director, Institute of Economics and Management, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev; <https://orcid.org/0000-0002-7086-7457>; Scopus Author ID: 57207668171 (24, Minina St., Nizhny Novgorod, 603155, Russian Federation; e-mail: snmit@mail.ru).

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Дата поступления рукописи: 25.06.2025.

Прошла рецензирование: 10.07.2025.

Принято решение о публикации: 25.12.2025.

Received: 25 Jun 2025.

Reviewed: 10 Jul 2025.

Accepted: 25 Dec 2025.