

<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-3-15>

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. Алексеева, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Методический подход к анализу эффективности региональных промышленных экосистем¹

Аннотация. В условиях формирования новой модели ограниченно открытой экономики суверенного типа в РФ назрела острая необходимость совершенствования теоретико-методологического базиса анализа эффективности региональной промышленности. Целью данного исследования выступает разработка методического подхода к анализу эффективности функционирования региональных промышленных экосистем. Для достижения заданной цели в работе использован экосистемный подход к анализу эффективности региональной промышленности. Для формирования критериев оценки эффективности функционирования промышленных экосистем в данном исследовании определена структура региональной промышленной экосистемы, содержащая набор имманентных характеристик (проекций развития): масштаб, потенциал производства, инфраструктура производства, человеческий капитал, НИОКР, инновации, интеграционный потенциал, конкурентоспособность и экология. Оценка эффективности функционирования региональных промышленных экосистем региона и их сравнительный анализ предложено проводить с использованием разработанной системы показателей из двадцати семи индикаторов, ориентированной на проведение объективной оценки состояния промышленности в регионах. В качестве объектов исследования выбраны пять промышленно развитых регионов, входящих в состав Приволжского федерального округа: республики Башкортостан и Татарстан, Пермский край, Нижегородская и Самарская области. Апробация авторских разработок продемонстрировала существенную неравномерность развития регионов по проекциям и показателям промышленных экосистем. Наилучший результат по совокупности показателей продемонстрировала Нижегородская область, имеющая лучшие результаты по масштабу и потенциалу производства, НИОКР и экологии. Далее следуют Пермский край, лидирующий по уровням инфраструктуры производства и конкурентоспособности продукции. Затем – Республика Татарстан, лидирующая по инновациям, и Республика Башкортостан, имеющая наибольший интеграционный потенциал. Аутсайдером является Самарская область, имеющая высокие значения износа основных фондов и сброса загрязненных сточных вод. Результаты анализа подтвердили гипотезу исследования о возможности представления обрабатывающих отраслей промышленно развитых субъектов Федерации в качестве региональных промышленных экосистем.

Ключевые слова: региональная промышленная экосистема, региональная экономика, обрабатывающая промышленность, оценка эффективности, система индикаторов

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

Для цитирования: 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>

¹ © Митяков Е. С., Митяков С. Н. Текст. 2024.

RESEARCH ARTICLE

Evgenii S. Mityakov^{a)}  , Sergei N. Mityakov^{b)} ^{a)} MIREA - Russian Technological University, Moscow, Russian Federation^{b)} Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Methodological Approach to the Efficiency Analysis of Regional Industrial Ecosystems

Abstract. Formation of a new model of limited open sovereign economy in Russia requires the improvement of the theoretical and methodological basis for evaluating the efficiency of regional industry. The research aims to develop a methodological approach to the efficiency analysis of regional industrial ecosystems. To this end, an ecosystem approach to analysing the efficiency of regional industry was employed. In order to establish evaluation criteria, the study defined the structure of regional industrial ecosystems, comprising a set of intrinsic characteristics (development projections): scale, production potential, production infrastructure, human capital, research and development (R&D), innovation, integration potential, competitiveness, and ecology. Efficiency evaluation and comparative analysis of regional industrial ecosystems were performed using a developed system of twenty-seven indicators to provide an objective assessment of the state of industry. The paper examined five industrially developed regions of the Volga Federal District: the Republics of Bashkortostan and Tatarstan, Perm krai, Nizhny Novgorod and Samara oblasts. Testing of the authors' approach revealed the uneven development of regions according to projections and indicators of industrial ecosystems. Nizhny Novgorod oblast achieved the best result in terms of the totality of indicators, as well as in terms of scale and production potential, R&D and ecology. Perm krai is a leader according to such indicators as production infrastructure and product competitiveness. The Republic of Tatarstan leads in innovation, while the Republic of Bashkortostan has the greatest integration potential. Samara oblast is the outsider characterised by high depreciation of fixed assets and discharge of contaminated wastewater. The findings confirmed the research hypothesis about the possibility of representing processing industries of industrially developed Russian regions as industrial ecosystems.

Keywords: regional industrial ecosystem, regional economy, processing industry, efficiency evaluation, indicator system

Acknowledgements: *The article has been prepared with the support of the Russian Science Foundation (the project № 23-78-10009).*

For citation: 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>

Введение

Продолжающееся и усиливающееся санкционное давление обусловило целесообразность значительной трансформации экономической политики, продиктовало острую необходимость принятия стратегического курса руководства страны на достижение технологического суверенитета и формирования новой модели ограниченно открытой экономики суверенного типа. Сложившаяся конъюнктура приостановленных взаимоотношений со вчерашними экономическими партнерами обуславливает острую необходимость и срочность локализации полного спектра промышленной продукции (Михайлиди и др., 2023).

Исследования, направленные на поиск организационно-управленческих подходов, способных совмещать инновационность и устойчивость в контексте экономического роста, проводятся сравнительно давно. Среди наиболее известных моделей можно выделить кластеры, промышленные сети, индустриальные

парки и др. Каждая из этих моделей промышленного развития обладает своими преимуществами и ограничениями в практическом применении. В последнее время в научной литературе заслуженную популярность набирает экосистемный подход в управлении промышленностью. Этот подход включает в себя исследование промышленных систем в комплексе, включая все составляющие их элементы, взаимосвязи между ними и окружающей средой, их функции, потоки ресурсов, а также происходящие в них социально-экономические процессы. В связи с новизной задачи и недостатком количественных данных существует проблема оценки эффективности промышленных экосистем. Цель данного исследования заключается в разработке методического подхода к анализу эффективности функционирования региональных промышленных экосистем.

В отличие от системного, экосистемный подход рассматривает объект в контексте его окружения и изучает взаимодействия и зави-

симости между различными стейкхолдерами. В нашем исследовании мы будем учитывать такое взаимодействие, которое обеспечивает синергию участников и рост общей эффективности экосистемы. Отметим, однако, что оценка взаимодействия хозяйствующих субъектов на региональном уровне представляется весьма сложной задачей ввиду недостатка региональной статистики.

Для разработки авторского методического подхода прежде всего необходимо определиться с понятийным аппаратом. В профильной научной литературе промышленные экосистемы все чаще рассматриваются как источники реальных и потенциальных инноваций, а также как прародители структур управления, направленных на укрепление межорганизационного и межинституционального сотрудничества (Spaniol & Rowland, 2022). Концепция экосистем была предложена Дж. Муром. Он активно задействовал биологические аналогии, чтобы исследовать принципы развития хозяйствующих субъектов (Moore, 2006). По мнению Д. Айзенберга, элементы предпринимательской экосистемы можно объединить в следующие шесть категорий: благоприятная культура, стимулирующая политика и руководство, качественный человеческий капитал, достаточные финансовые ресурсы, рынки и спектр институциональной поддержки со стороны государства (Isenberg, 2011).

Промышленные экосистемы, согласно определению Дж. Уэрхэма, П. Фокса и Д. Джинера, представляют собой сложные совокупности экономических акторов, действующих на общей платформе, которые отличаются разнообразными видами деятельности и особенностями функционирования. Главной целью таких экосистем является создание промышленной продукции и/или услуг с использованием принципа эмерджентности (Wareham et al., 2014).

С.В. Дорошенко и А.Г. Шеломенцев считают, что предпринимательская экосистема — это динамичная открытая система взаимодействия, применимая к организациям и индивидуальным предпринимателям (Дорошенко & Шеломенцев, 2017). Г.Б. Клейнер выделяет для социально-экономических экосистем такие особенности, как пространственная локализация, кругооборот, адаптивность, разнокачественность, междисциплинарность и эффективная реализация общеэкономических функций вместо прибыли (Клейнер, 2018). Е.В. Попов, В.Л. Симонова и А.Д. Тихонова описывают промышленные экосистемы

как комплексы экономических субъектов, взаимодействующих через профессиональные коммуникационные платформы (Попов и др., 2019). С.Д. Проскурнин определяет промышленную экосистему как открытую систему, самоорганизующуюся и саморегулирующуюся, с входящими потоками идей, людей, информации и ресурсов (Проскурнин, 2017). Н.В. Шмелева рассматривает экосистему в промышленности как подход, объединяющий предприятия и индивидуальных участников для обмена ресурсами и знаниями, что создает преимущества для всех (Шмелева, 2023). Н.Ю. Титова считает промышленную экосистему динамичной трансграничной группой производителей, взаимодействующих с клиентами и участниками цепочки создания стоимости, ориентированной на устойчивое развитие (Титова, 2021).

Обобщая подходы к дефиниции экономической категории «промышленная экосистема», следует отметить, что в позициях авторов недостаточно представлен региональный аспект, развитие которого приведено в данной статье.

При исследовании факторов, определяющих эффективность функционирования промышленных экосистем, ряд авторов делает акцент на институциональную компоненту (Arranz et al., 2021; Youssef et al., 2018). Другие авторы выделяют ресурсные, инфраструктурные, интеллектуальные и прочие факторы, создающие условия для добровольного, взаимовыгодного, эффективного и устойчивого взаимодействия (Давиденко и др., 2020; Alnafrah & Zeno, 2019).

В работе (Gawer & Cusumano, 2014) представлена методика оценки эффективности экосистем, базирующаяся на технологических показателях, связанных с искусственным интеллектом и большими данными. В работе (Diez et al., 2017) изложен один из возможных инструментов управления регенерацией промышленных экосистем для координации всех заинтересованных сторон, основанный на исследовании модели системной динамики.

С позиции зрелости промышленной экосистемы их эффективность можно оценить с помощью индекса зрелости Индустрии 4.0 (Zoubek et al., 2021), а также с использованием модели зрелости цифрового производства организации (Wagire et al., 2021). Ограничением этих методологий является то, что их нельзя применять к промышленным экосистемам на уровнях выше корпоративного.

В работе (Tolstykh et al., 2020) приведена энтропийная модель для оценки устойчивости промышленных экосистем, в которой оце-

нивается уровень сотрудничества между их участниками. Исследование (Fan et al., 2017) посвящено формированию и последующей оптимизации промышленной экосистемы, основанной на региональных ресурсах, концепции экоиндустрии и теории системной инженерии.

Еще один подход к оценке эффективности промышленных экосистем связан с использованием динамической эффективности (Yao et al., 2016). При таком подходе для системы важным выступает прирост показателей, позволяющий нарастить производственные мощности и обогатить имеющийся потенциал развития. В работе (Parida et al., 2019) представлена модель управления промышленной экосистемой в условиях экономики замкнутого цикла.

В исследовании (Burström et al., 2021) дана инновационная модель трансформации промышленных экосистем на основе искусственного интеллекта, изучен опыт крупных мировых компаний-производителей, которые трансформируют свои бизнес-модели с использованием интеллектуальных систем. В статье (Babkin et al., 2022) изложена методика оценки зрелости промышленной экосистемы в период внедрения цифровых технологий. Предлагаемая методика основана на методологии экологического, социального и корпоративного управления (ESG).

Таким образом, приведенный краткий обзор научной литературы не позволил выявить единые позиции как по дефиниции понятия «промышленные экосистемы», так и по оценке их эффективности. Это обусловило целесообразность выбора объекта и предмета исследования, а также разработку его методологических аспектов.

Формирование методического подхода к анализу эффективности региональных промышленных экосистем

Гипотеза данного исследования состоит в том, что обрабатывающие отрасли индустриально развитых регионов представляют собой региональные промышленные экосистемы (РПЭ). При этом оценку эффективности их функционирования и сравнительный анализ целесообразно проводить с использованием унифицированной системы показателей, отражающей различные аспекты региональной промышленности. Для подтверждения данной гипотезы в работе предложено авторское видение структуры региональной промышленной экосистемы, разработана система показате-

телей для оценки эффективности функционирования промышленных экосистем и проведена ее апробация.

Структура региональной промышленной экосистемы

Для ответа на вопрос о критериях эффективности функционирования РПЭ сначала необходимо определить набор имманентных характеристик экосистемы.

1. Эффект масштаба является ключевым при оценке эффективности РПЭ. Процесс индустриализации можно описать как увеличение доли промышленного производства в общем региональном продукте, увеличение числа новых технологий по сравнению со старыми или рост объема производства на новых технологиях по сравнению с объемом производства на устаревших технологиях (Сухарев, 2016).

2. Вторым критерием является производственный потенциал РПЭ, который оценивается совокупностью показателей (темы роста производства, рентабельность, уровень цен производителей и др.). Примером может служить статья (Smirnova & Ponomareva, 2022), где разработана многокритериальная методология оценки эффективности региональной промышленной политики с использованием статистического и структурного анализа данных за 2015–2019 гг. по 19 регионам России.

3. Одним из ключевых элементов РПЭ выступают инфраструктурные и финансовые ресурсы, поскольку участникам экосистемы необходимы не только соответствующие физические и технические условия для формирования инноваций (Rabelo et al., 2015), но также и надлежащий доступ к капиталу (Oh et al., 2016).

4. Следующим важным элементом РПЭ выступает человеческий капитал, который имеет базисное значение не только для инновационной деятельности, но и для формирования необходимых условий для использования будущих возможностей (Dedehayir et al., 2018).

5. Не менее важным элементом РПЭ выступает НИОКР. Фактически речь идет о совокупности работ, направленных на получение новых знаний и их практическое применение при создании инноваций (Ritala & Almporopoulou, 2017).

6. Процесс функционирования РПЭ в качестве необходимого критерия эффективности предполагает развитие инноваций, открытое по отношению к будущим вызовам в сфере науки и технологий (Brunetti et al., 2020).

7. Важнейшим фактором эффективности РПЭ является их конкурентоспособность на мировых рынках. Особенно это важно в современных условиях, когда возрастает значение импортозамещения в высокотехнологичных отраслях экономики (Вишнягова & Соловьева, 2022).

8. Ряд исследователей справедливо связывает развитие промышленных экосистем с обеспечением устойчивого развития. В частности, речь идет о снижении уязвимости экосистем в целях достижения экоэффективности (Дударева, 2022).

9. Необходимым элементом эффективного развития РПЭ выступает налаженный процесс взаимодействия, который подразумевает развитие сотрудничества всеми ее участниками, так и с внешними стейкхолдерами (Reynolds & Ugun, 2018). Надлежащий интеграционный потенциал между акторами, входящими в РПЭ, способствует стимулированию экономического развития, обмену знаниями, ресурсами и технологиями, созданию синергии, распределению рисков между участниками и др.

Авторская модель, аккумулирующая приведенные выше мнения исследователей, представлена на рисунке 1. Модель включает девять блоков (масштаб, потенциал производства, инфраструктура производства, человеческий капитал, НИОКР, инновации, интеграционный потенциал, конкурентоспособность продукции, экология), которые являются основой для формирования критериев оценки эффективности функционирования РПЭ.

Кроме перечисленных в модели элементов РПЭ, следует признать необходимость создания соответствующих институтов, определяющих правовую сторону функционирования экосистем. В частности, имманентной потребностью инновационной экосистемы выступает

разнообразная финансовая и нефинансовая помощь со стороны государства, которая может проявляться в виде разнообразных субсидий и налоговых преференций (Walrave et al., 2018).

Объекты исследования

Наиболее распространенными подходами при исследовании эффективности промышленных экосистем являются отраслевой и региональный. Отраслевой подход предполагает, что одна из отраслей промышленности в силу своего инновационного развития приобретает черты промышленной экосистемы и становится движущей силой реиндустриализации экономики (Андрианова и др., 2018).

Так, В.В. Ивантер и Н.И. Комков предложили идею, что начинать неоиндустриализацию следует с военно-промышленного комплекса, который с мультипликационным эффектом «потянет за собой все остальное» (Ивантер & Комков, 2012). В.А. Цветков в качестве наиболее прорывных отраслей рассматривает добывающую промышленность топливно-энергетического комплекса и национальную инфраструктуру (телекоммуникационную, транспортную, энергетическую отрасли). По его мнению, эти отрасли обладают внешней конкурентоспособностью и необходимыми условиями для долгосрочной трансформации с накопительным синергетическим эффектом, что позволит им выступать мощными триггерами для инноваций (Цветков, 2017).

Региональная экосистема направлена «на поддержку стартапов на определенной территории, она включает благоприятную культуру, стимулирующую политику и лидерство, наличие соответствующих финансов, качественный человеческий капитал, рынки и спектр институциональной и инфраструктурной под-

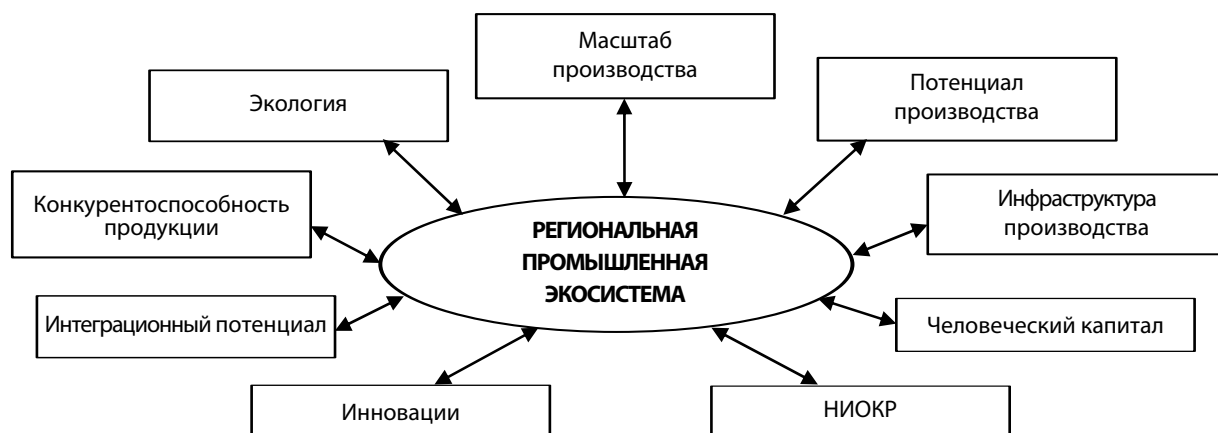


Рис. 1. Структура региональной промышленной экосистемы (источник: разработано авторами)

Fig. 1. Structure of a regional industrial ecosystem

держки, благоприятные для венчурного предпринимательства, сетевые связи между всеми участниками и знания, генерируемые научно-исследовательскими организациями и университетами» (Слонимская & Дубко, 2021, с. 174).

На наш взгляд, региональная промышленная экосистема — это сеть взаимосвязанных и взаимодействующих предприятий, организаций и учреждений в определенном субъекте Федерации, которая имеет сложную структуру и функционирует как единое целое для достижения общих целей и результатов. РПЭ объединяет различные секторы и отрасли, целевые группы, компании и учреждения, совместно работающие для обеспечения производственной деятельности, инновационного развития, роста экономики в регионе.

Эффективность региональной промышленной экосистемы характеризует способность региона развивать и поддерживать динамичные и конкурентоспособные производственные отрасли, обеспечивать результативность промышленной деятельности, развитие инфраструктуры, кадрового потенциала, создание инноваций за счет оптимального распределения ресурсов, совершенствование взаимодействия акторов и стейкхолдеров экосистемы для достижения максимальных результатов в промышленном развитии региона.

В работе (Евсеева и др., 2021) определена региональная промышленная экосистема, в центре которой находятся 3 ключевые технологии и 17 связанных с ними компонентных технологий. Для исследования были выбраны регионы, такие как Свердловская, Челябинская, Самарская, Ярославская, Нижегородская области, Пермский край, а также Республика Татарстан и Республика Башкортостан. Анализ направленности технологических проектов, финансируемых Фондом развития промышленности, показал, что регионы, где имеется системная государственная поддержка проектов технологического развития, выполняемых компаниями, вовлеченными в экосистему, демонстрируют положительную динамику по показателям фондоотдачи.

В нашей работе в качестве объектов исследования мы выбрали пять из перечисленных выше промышленно развитых регионов, входящих в состав Приволжского федерального округа: Республика Башкортостан и Республика Татарстан, Пермский край, Нижегородская и Самарская области. Эти регионы можно определить как индустриально развитые, именно в них «осуществляется пре-

образование технологических укладов и происходят структурные сдвиги, наблюдается рост высокотехнологичных отраслей промышленности» (Акбердина, 2020, с. 57).

В указанных регионах сосредоточено множество промышленных предприятий. Промышленность Нижегородской области ориентирована на автомобилестроение, энергетику, нефтехимию и оборонный комплекс. В Самарской области ключевыми отраслями являются машиностроение и нефтепереработка. Республика Башкортостан известна развитыми предприятиями в добывающей промышленности. Республика Татарстан выделяется нефтедобычей, нефтепереработкой, нефтехимией и сельским хозяйством. Пермский край фокусируется на добывающей и обрабатывающей промышленности, металлургии, лесной промышленности и электроэнергетике.

В нашей модели мы будем рассматривать сектор обрабатывающей промышленности выбранных регионов в качестве промышленных экосистем. Такое обобщение экосистемы на промышленный регион представляется нам оправданным. По аналогии с отраслевым подходом данные регионы, выпускающая высокотехнологичную продукцию, могут служить локомотивами реиндустриализации промышленности и импортозамещения, играть ключевую роль в достижении страной технологического суверенитета. В то же время представляет интерес компаративный анализ регионов, который позволит выделить сильные и слабые стороны их промышленного развития.

Система индикаторов

Авторская система индикаторов для оценки эффективности РПЭ приведена в таблице 1. Система содержит девять составляющих (проекций) в соответствии с рисунком 1, каждая из которых представлена тремя индикаторами.

Выбор индикаторов обусловлен тем, что они отражают различные аспекты социально-экономической деятельности, которые характеризуют состояние и развитие промышленного сектора в регионе. Представленная система индикаторов связана с целями и задачами, стоящими перед региональными промышленными экосистемами (увеличение производительности, снижение экологического воздействия, развитие инноваций и др.). Система показателей ориентирована на проведение объективной оценки состояния промышленности в регионах и нацелена на разработку рекомендаций по ее дальнейшему раз-

Система индикаторов для оценки эффективности региональной промышленной экосистемы

Indicator system for evaluating the efficiency of regional industrial ecosystems

№	Индикатор	Пояснения
<i>Масштаб производства</i>		
1	Вклад обрабатывающих отраслей в добавленную стоимость региона, %	Помогает понять структуру и потенциал экономики региона, что может влиять на принятие решений о развитии региональной промышленной политики, инфраструктуры и инвестициях
2	Оборот предприятий обрабатывающей промышленности, % к ВРП	Используется для оценки вклада обрабатывающего сектора в общий объем производства и экономическую активность в определенном регионе
3	Оборот обрабатывающих предприятий малого бизнеса, % к ВРП	Применяется для оценки эффективности политики поддержки малого бизнеса в секторе обрабатывающей промышленности
<i>Потенциал производства</i>		
4	Индекс промышленного производства (обрабатывающие отрасли), %	Позволяет анализировать динамику обрабатывающих производств в субъекте Федерации
5	Индекс цен производителей обрабатывающей промышленности, %	Является инструментом для оценки воздействия изменений цен на производство и потребление
6	Рентабельность (отношение прибыли и себестоимости), %	Является индикатором прибыльности и эффективного использования ресурсов промышленного сектора региона
<i>Инфраструктура производства</i>		
7	Инвестиции в основной капитал обрабатывающих производств, % к ВРП	Помогает определить, насколько успешно регион привлекает инвестиции в обрабатывающие производства
8	Износ основных фондов (обрабатывающие отрасли), %	Идентифицирует угрозы промышленной безопасности, связанные с вероятностью техногенных катастроф
9	Число персональных компьютеров с доступом в интернет на 100 работников	Может использоваться для оценки потребности в расширении цифровой инфраструктуры в промышленности региона
<i>Человеческий капитал</i>		
10	Занятые в обрабатывающих производствах, % к общему числу занятых	Позволяет оценить структуру занятости в регионе для создания новых рабочих мест в промышленном секторе
11	Число обучающихся по программам переподготовки высококвалифицированных служащих на 10 000 населения	Показывает, насколько активно в регионе осуществляется профессиональная переподготовка высококвалифицированных кадров
12	Средняя численность работников малых предприятий в обрабатывающих отраслях, % от числа работников МП	Позволяет оценить вклад малых предприятий в развитие обрабатывающей промышленности региона
<i>НИОКР</i>		
13	Число лиц, занятых исследованиями и разработками, на 10 000 занятого населения	Характеризует кадровый потенциал начальной стадии инновационной деятельности в промышленном регионе
14	Внутренние затраты на исследования и разработки, % к ВРП	Характеризует уровень финансового обеспечения начальной стадии инновационной деятельности в промышленном регионе
15	Коэффициент изобретательской активности (количество патентных заявок на 10 000 населения)	Показывает способность региона к разработке и внедрению новых идей и технологий
<i>Инновации</i>		
16	Число разработанных передовых производственных технологий на 10 000 занятого населения	Дает возможность оценить эффективность разработки новых и передовых производственных технологий, разработанных в регионе
17	Интенсивность затрат на технологические инновации (отношение затрат к выпуску продукции), %	Используется для оценки эффективности инвестиций в инновации на региональном уровне

Окончание табл. 1 на след стр.

Окончание табл. 1.

№	Индикатор	Пояснения
18	Доля инновационных товаров в общем объеме отгруженных товаров, %	Является базовым индикатором, характеризующим результативность инновационной деятельности в регионе
<i>Конкурентоспособность продукции</i>		
19	Экспорт в ближнее зарубежье на душу населения, тыс. долл. США	Отражает экономическую активность региона на международном уровне (ближнее зарубежье)
20	Экспорт в дальнее зарубежье на душу населения, тыс. долл. США	Отражает экономическую активность региона на международном уровне (дальнее зарубежье)
21	Отношение экспорта к импорту, %	Отражает баланс внешней торговли региональными товарами на глобальных рынках и уровень конкурентоспособности региона
<i>Экология</i>		
22	Доля предприятий, осуществляющих инновации, направленные на улучшение экологии, %	Используется для оценки экологической ответственности промышленных предприятий региона
23	Сброс загрязненных сточных вод, тыс. м ³ /км ²	Позволяет оценить интенсивность сброса загрязняющих веществ в природные водоемы
24	Выбросы загрязняющих веществ в воздух от стационарных источников, т/км ²	Измеряет количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу от стационарных источников
<i>Интеграционный потенциал</i>		
25	Доля предприятий, осуществляющих интеграцию с промышленными партнерами, %	Позволяет оценить интеграционное взаимодействие с промышленными партнерами
26	Доля предприятий, осуществляющих интеграцию с потребителями и поставщиками, %	Позволяет оценить интеграционное взаимодействие с потребителями продукции и поставщиками материалов
27	Доля предприятий, осуществляющих интеграцию с университетами и научными организациями, %	Позволяет оценить интеграционное взаимодействие с университетами и научными организациями

Источник: разработано авторами.

виту. На основе предложенных показателей возможна организация мониторинга результатов деятельности промышленных экосистем региона.

После сбора и обработки статистики проводится динамический и сравнительный анализ эффективности региональных промышленных экосистем. Такой анализ включает оценку как отдельных показателей, так и обобщенных индексов. Анализ отдельных показателей позволяет исследовать их динамику, строить прогнозы и искать зависимости. Обобщенные индексы, которые представляют собой свертку различных показателей, помогают выявлять агрегированные тенденции и принимать решения в сложных системах, таких как РПЭ. Для расчета обобщенных индексов проводится взвешивание и нормирование показателей.

В заключение данного раздела следует отметить, что авторская структура РПЭ и система индикаторов для оценки ее эффективности, несмотря на ограничения в охвате всех проблем, связанных с промышленностью в регионах страны, фокусируется на ключевых аспек-

тах, которые присущи большинству региональных промышленных экосистем.

Результаты

Для иллюстрации авторского методического подхода на рисунке 2 представлена динамика показателей оценки эффективности региональных промышленных экосистем индустриально развитых регионов, входящих в состав Приволжского федерального округа. На рисунке в правой части каждого из графиков показаны номера индикаторов в соответствии с таблицей 1.

Анализ рисунка 2 позволяет сделать следующие выводы:

1. По индикаторам, характеризующим масштаб производства, лидирует Нижегородская область. Однако в 2021 г. по двум рассматриваемым показателям ее опередила Республика Башкортостан. Также следует отметить положительный тренд показателя «оборот обрабатывающих предприятий малого бизнеса, % к ВРП» для всех рассматриваемых регионов.

2. Показатели потенциала производства во всех представленных регионах имеют по-



Республика Башкортостан Республика Татарстан Пермский край Нижегородская область Самарская область

Рис. 2. Индикаторы эффективности региональных промышленных экосистем (источник: разработано авторами по данным Росстата: Приложение к сборнику «Регионы России. Социально-экономические показатели» (<https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/47652>); Регионы России. Социально-экономические показатели (<https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>))

Fig. 2. Efficiency indicators of regional industrial ecosystems

ложительную динамику. К регионам-лидерам в данной проекции следует отнести Пермский край и Нижегородскую область.

3. Среди показателей, характеризующих инфраструктуру производства РПЭ, следует отметить отрицательный наклон линии тренда у инвестиций в основной капитал обрабатывающих производств. Напротив, индикатор числа персональных компьютеров с доступом в интернет демонстрирует персистентный положительный тренд.

4. В проекции «человеческий капитал» по совокупности индикаторов за рассматриваемый период лидерами являются Нижегородская область и Пермский край. По числу обучающихся по программам переподготовки высококвалифицированных кадров впереди остальных рассматриваемых регионов расположена Республика Башкортостан.

5. По совокупности показателей НИОКР также среди лидеров находится Нижегородская область. Регион значительно опережает осталь-

ные анализируемые субъекты Федерации по числу лиц, занятых исследованиями и разработками, а также по внутренним затратам на НИОКР. Следует отметить отрицательную тенденцию коэффициента изобретательской активности во всех рассматриваемых регионах.

6. Показатель числа разработанных передовых производственных технологий демонстрирует положительный тренд во всех анализируемых регионах, кроме Нижегородской области, которая, в свою очередь, значительно опережает другие субъекты Федерации по интенсивности затрат на инновационную деятельность. Наибольшая доля инновационных товаров в общем объеме отгруженных товаров характерна для Республики Татарстан. В остальных рассматриваемых регионах можно зафиксировать отрицательный тренд по данному показателю.

7. Следует подчеркнуть положительную динамику исследуемых субъектов Федерации по предложенным индикаторам конкурентоспособности продукции. Наилучшие значения по совокупности показателей демонстрирует Пермский край, наихудшие — Республика Башкортостан.

8. В экологической проекции следует отметить низкую долю предприятий, осуществляющих инновации, направленные на улучшение экологии во всех рассматриваемых регионах (около 1,5%). Также следует подчеркнуть значительные выбросы загрязняющих ве-

ществ в водоемы и воздух. Наихудшие значения экологических индикаторов можно зафиксировать у Самарской области и Республики Татарстан.

9. Показатели проекции «интеграционный потенциал» были доступны для анализа только с 2019 г. Здесь следует отметить снижение взаимодействия с индустриальными партнерами у всех рассматриваемых регионов. Уровень взаимодействия с остальными стейкхолдерами растет во всех рассматриваемых субъектах Федерации, за исключением Республики Башкортостан.

Для возможности отображения индикаторов, имеющих различную размерность, на одной диаграмме использовалось масштабирование их значений в интервал от 0 до 1. Для показателей, рост которых снижает эффективность, при нормировании вычислялось отношение разности максимального и исследуемого индикаторов к разности максимального и минимального. Для показателей, рост которых повышает эффективность, вычислялось отношение разности исследуемого и минимального индикаторов к разности максимального и минимального. После нормировки все индикаторы изменялись от 0 (низкая эффективность) до 1 (высокая эффективность). При нахождении обобщенных индексов проекций рассчитывались среднеарифметические значения нормированных показателей, а при вычислении интегрального индекса эффективности РПЭ — среднеарифмети-

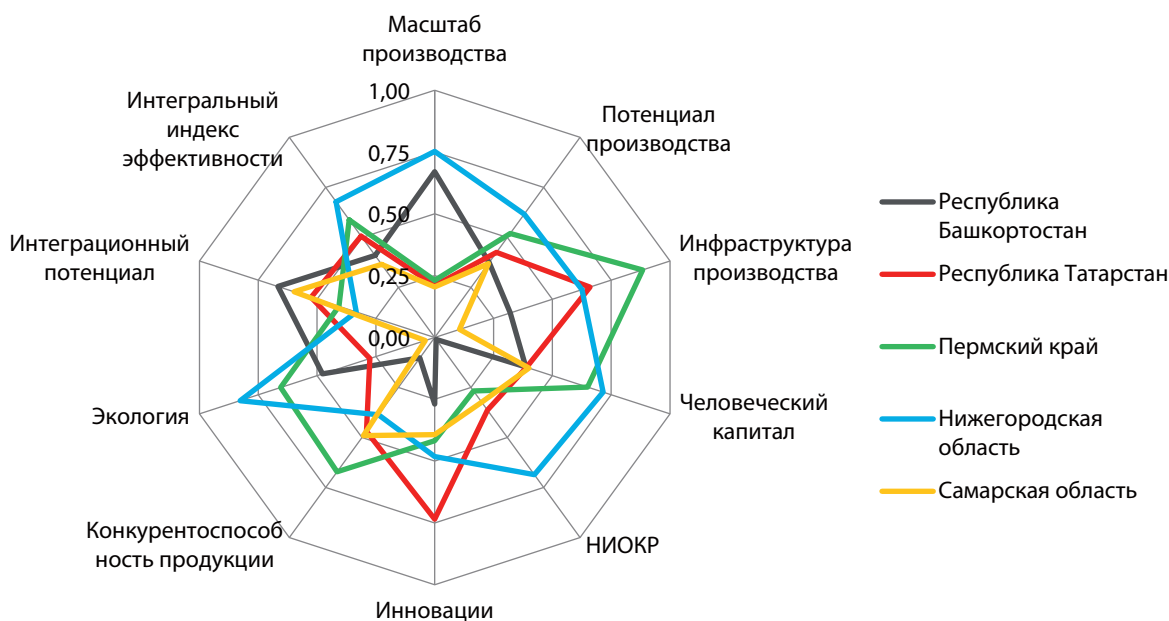


Рис. 3. Сравнительный анализ обобщенных индексов проекций и интегрального индекса эффективности промышленных экосистем индустриальных регионов (источник: разработано авторами по данным рисунка 3)

Fig. 3. Comparative analysis of composite projection indices and the integral efficiency indicator of regional industrial ecosystems

ческое значение обобщенных индексов по отдельным проекциям системы.

На рисунке 3 представлен сравнительный анализ обобщенных индексов по отдельным проекциям системы показателей эффективности РПЭ выбранных регионов, а также интегрального индекса эффективности. Данные приведены за 2021 г. По значению интегрального индекса эффективности лидирует Нижегородская область. На последнем месте расположена Самарская область.

Результаты подтверждают гипотезу исследования о возможности представления обрабатывающих отраслей промышленно развитых субъектов Федерации в качестве региональных промышленных экосистем. Во-первых, это связано с эффектом масштаба (вклад обрабатывающих отраслей в добавленную стоимость выбранных регионов составляет в среднем 25% при среднем вкладе по стране 17%). Во-вторых — с опережающим развитием инфраструктуры (инвестиции в основной капитал обрабатывающих отраслей выбранных регионов составляет в среднем 5,3% от ВВП при среднероссийском значении 3,2%). В-третьих — с кадровым потенциалом (численность занятых в обрабатывающих отраслях выбранных регионов составляет 18% (с средним по стране — 14%). В-четвертых — с высоким потенциалом взаимодействия (доля предприятий, осуществляющих кооперацию с индустриальными партнерами в 1,6 раза больше, чем в среднем по стране).

Следует отметить, что предложенный подход к оценке эффективности может быть экстраполирован на другие промышленно развитые регионы РФ. Вместе с тем он имеет ряд допущений и ограничений. Во-первых, они связаны с общими допущениями экосистемного подхода: невозможность комплексного учета всех аспектов и неизвестных факторов развития экосистем, их подверженность изменениям во времени, ограниченность данных и др. Во-вторых, ряд ограничений и допущений авторского подхода обусловлен сложностью исследования промышленных процессов в регионах: необходимость учета особенностей регионального промышленного развития, межрегионального взаимодействия, гетерогенности предприятий в регионе, эволюции промышленных процессов под влиянием внешних

и внутренних факторов. В-третьих, можно отметить несколько частных ограничений, связанных с использованием системы показателей: ограниченность индикаторов, неполнота статистической базы, субъективность при выборе весовых коэффициентов, возможная взаимосвязь показателей в системе и др.

Заключение

В данной работе представлен методический подход к анализу эффективности региональных промышленных экосистем, который базируется на авторском видении структуры региональной промышленной экосистемы, а также системе индикаторов для оценки эффективности региональных промышленных экосистем. Авторские разработки фокусируются на ключевых аспектах, которые присущи большинству региональных промышленных экосистем в России и апробированы на пяти индустриально развитых субъектах Федерации. Апробация позволила провести компаративное сопоставление по исходным показателям и обобщенным индексам эффективности промышленных экосистем, выявить сильные и слабые стороны промышленности в представленных регионах. Практическая значимость результатов исследования состоит в возможности непосредственного использования и тиражирования предложенных методических положений в управлении региональными промышленными экосистемами, а также при разработке соответствующих программных документов и стратегий развития.

Дальнейшее развитие авторского подхода может заключаться в разработке алгоритмов по управлению развитием промышленными экосистемами в субъектах Федерации, методов сценарного моделирования хозяйственной деятельности промышленных экосистем региона, а также совершенствовании методического инструментария количественной оценки эффективности функционирования промышленных экосистем в субъектах Федерации. Это позволит приблизиться к решению амбициозной задачи разработки свода знаний по управлению устойчивым развитием промышленными экосистемами в регионах для интенсификации процессов реиндустриализации и импортозамещения в отечественной промышленности.

Список источников

Акбердина, В. В. (2020). Мультифункциональная роль индустриально развитых регионов в экономике страны. *Journal of New Economy*, 21(3), 48-72. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-3-3>

- 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>
- Вишнягова, Е. А., Соловьева, И. А. (2022). Экосистема как механизм устойчивого развития промышленности. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент»*, 16(1), 62-76. <https://doi.org/10.14529/em220106>
- Давиденко, Л. М., Беспалый, С. В., Бекниязова, Д. С. (2020). Ресурсная парадигма построения промышленной экосистемы цифрового формата. *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*, (80), 58-68. <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2020-1-58-68>
- Дорошенко, С. В., Шеломенцев, А. Г. (2017). Предпринимательская экосистема в современных социоэкономических исследованиях. *Журнал экономической теории*, (4), 212-221.
- Дударева, О. В. (2022). Методологические аспекты оценки рисков уязвимости промышленных экосистем в целях повышения устойчивости. *Организатор производства*, 30(1), 18-23. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.54.72.002>
- Евсеева, М. В., Стариков, Е. Н., Воронов, М. П. (2021). Уровень технологического развития индустриальных регионов: экосистемный подход. *Управленец*, 30(1), 18-23. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.54.72.002>
- Ивантер, В. В., Комков, Н. И. (2012). Основные положения концепции инновационной индустриализации России. *Проблемы прогнозирования*, (5), 3-12. <https://doi.org/10.1134/S1075700712050073>
- Клейнер, Г. Б. (2018). Промышленные экосистемы: взгляд в будущее. *Экономическое возрождение России*, 2(56), 53-62.
- Михайлиди, Д. Х., Рагуткин, А. В., Скобелев, Д. О., Сухатерин, А. Б. (2023). Организация инжинирингового центра для импортозамещения в промышленности. *Russian Technological Journal*, 11(4), 105-115. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2023-11-4-105-115>
- Попов, Е. В., Симонова, В. Л., Тихонова, А. Д. (2019). Структура промышленных «экосистем» в цифровой экономике. *Менеджмент в России и за рубежом*, (4), 3-11.
- Проскурнин, С. Д. (2017). Создание самоорганизующейся инновационной экосистемы в зонах особого территориального развития. *Региональная экономика и управление*, (4). <https://eee-region.ru/article/5206/>
- Слонимская, М. А., Дубко, Н. А. (2021). Региональные предпринимательские экосистемы: сущность и алгоритм формирования. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, (2), 161-178. <https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-161-178>
- Сухарев, О. С. (2016). *Теория реструктуризации экономики*. М.: Ленанд, 256.
- Титова, Н. Ю. (2021). Промышленные экосистемы и кластеры как инструменты реализации целей устойчивого развития. *Азимут научных исследований: экономика и управление*, 10(4), 267-270.
- Цветков, В. А. (2017). Итоги и перспективы развития национальной экономики. *Проблемы рыночной экономики*, (3), 4-13.
- Шмелева, Н. В. (2023). Методические подходы к оценке ресурсной эффективности промышленных экосистем. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*, (1), 70-84. <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2023-1-4>
- Alnafrah, I., & Zeno, B. (2019). A new comparative model for national innovation systems based on machine learning classification techniques. *Innovation and Development*, 10(6), 45-66. <https://doi.org/10.1080/2157930X.2018.1564124>
- 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>
- Babkin, A., Glukhov, V., Shkarupeta, E., Kharitonova, N., & Barabaner, H. (2021). Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation. *International Journal of Technology*, 12(7), 1397-1406.
- Brunetti, F., Matt, D. T., Bonfanti, A., De Longhi, A., Pedrini, G., & Orzes, G. (2020). Digital transformation challenges: strategies emerging from a multi-stakeholder approach. *The TQM Journal*, 32(4), 697-724. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2019-0309>
- 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.
- Dedehayir, O., Mäkinen, S. J., & Ortt, J. R. (2018). Roles during innovation ecosystem genesis: a literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 18-29.
- Diez, L., Marangé, P., & Levrat, É. (2017). Regeneration Management Tool for Industrial Ecosystem. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 12950-12955.
- Fan, J., Hu, S., Chen, D., & Zhou, Y. (2017). Study on the Construction and Optimization of a Resource-Based Industrial Ecosystem. *Resources, Conservation and Recycling*, 119, 97-108.
- Gawer, A., & Cusumano, M. (2014). Industry Platforms and Ecosystem Innovation. *Journal of Product Innovation Management*, 31(3), 417-433.
- Isenberg, D. J. (2011). Introducing the entrepreneurship ecosystem: Four defining characteristics. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/danisenberg/2011/05/25/introducing-the-entrepreneurship-ecosystemfour-defining-characteristics/?sh=29e08efd5fe8>

- Moore, J. F. (2006). Business ecosystems and the view from the firm. *The Antitrust Bulletin*, 51(1), 31–75. <https://doi.org/10.1177/0003603X0605100103>
- Oh, D. S., Phillips, F., Park, S., & Lee, E. (2016). Innovation ecosystems: a critical examination. *Technovation*, 54, 1–6.
- 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, 715–725.
- Rabelo, R. J., Bernus, P., & Romero, D. (2015). Innovation ecosystems: a collaborative networks perspective. In: *Proceedings 16th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises* (pp. 323–336). Springer, Cham.
- Reynolds, E. B., & Uygun, Y. (2018). Strengthening advanced manufacturing innovation ecosystems: the case of Massachusetts. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 178–191.
- Ritala, P., & Almpantoulou, A. (2017). In defense of ‘eco’ in innovation ecosystem. *Technovation*, 60, 39–42.
- Smirnova, O., & Ponomareva, A. (2022). Evaluating the Effectiveness of the Regional Industrial Policy Implementation. *Advances in Systems Science and Applications*, 22(1), 51–64. <https://doi.org/10.25728/assa.2022.22.1.1096>
- Spaniol, M. J., & Rowland, N. J. (2022). Business ecosystems and the view from the future: the use of corporate foresight by stakeholders of the Ro-Ro shipping ecosystem in the Baltic Sea Region. *Technological Forecasting and Social Change*, 184, 121966.
- Tolstykh, T., Shmeleva, N., Vertakova, Y., & Plotnikov, V. (2020). The Entropy Model for Sustainability Assessment in Industrial Ecosystems. *Inventions*, 5(4), 54.
- Wagire, A. A., Joshi, R., Rathore, A. P. S., & Jain, R. (2021). Development of Maturity Model for Assessing the Implementation of Industry 4.0: Learning from Theory and Practice. *Production Planning & Control*, 32(8), 603–622.
- Walrave, B., Talmir, M., Podoynitsyna, K. S., Romme, A. G. L., & Verbong, G. P. (2018). A multi-level perspective on innovation ecosystems for path-breaking innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 103–113.
- Wareham, J., Fox, P. B., & Cano Giner, J. L. (2014). Technology ecosystem governance. *Organization science*, 25(4), 1195–1215.
- Yao, X., Guo, C., Shao, S., & Jiang, Z. (2016). Total-factor CO₂ emission performance of China’s provincial industrial sector: A meta-frontier non-radial Malmquist index approach. *Applied Energy*, 184, 1142–1153.
- 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>
- Zoubek, M., Poor, P., Broum, T., Basl, J., & Simon, M. (2021). Industry 4.0 Maturity Model Assessing Environmental Attributes of Manufacturing Company. *Applied Sciences*, 11(11), 5151.

References

- Akberdina, V. V. (2020). Multifunctional role of industrially developed regions in the Russian economy. *Journal of New Economy*, 21(3), 48–72. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-3-3> (In Russ.)
- Alnafrah, I., & Zeno, B. (2019). A new comparative model for national innovation systems based on machine learning classification techniques. *Innovation and Development*, 10(6), 45–66. <https://doi.org/10.1080/2157930X.2018.1564124>
- 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. Sotsialno-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>
- Babkin, A., Glukhov, V., Shkarupeta, E., Kharitonova, N., & Barabaner, H. (2021). Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation. *International Journal of Technology*, 12(7), 1397–1406.
- Brunetti, F., Matt, D. T., Bonfanti, A., De Longhi, A., Pedrini, G., & Orzes, G. (2020). Digital transformation challenges: strategies emerging from a multi-stakeholder approach. *The TQM Journal*, 32(4), 697–724. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2019-0309>
- 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.
- Davidenko, L. M., Bespaly, 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]*, (80), 58–68. <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2020-1-58-68> (In Russ.)
- Dedehayir, O., Mäkinen, S. J., & Ortt, J. R. (2018). Roles during innovation ecosystem genesis: a literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 18–29.
- Diez, L., Marangé, P., & Levrat, É. (2017). Regeneration Management Tool for Industrial Ecosystem. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 12950–12955.
- Doroshenko, S. V., & Shelomentsev, A. G. (2017). The entrepreneurial ecosystem in the contemporary socio-economic studies. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii [Russian Journal of Economic Theory]*, (4), 212–221. (In Russ.)

- Dudareva, O. V. (2022). Methodological aspects of risk assessment of vulnerability of industrial ecosystems in order to increase sustainability. *Organizator proizvodstva [Organizer of production]*, 30(1), 18-23. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.54.72.002> (In Russ.)
- Evsheeva, M. V., Starikov, E. N., & Voronov, M. P. (2021). Technological development of industrial regions: The ecosystem approach. *Upravlenets [The Manager]*, 30(1), 18-23. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.54.72.002> (In Russ.)
- Fan, J., Hu, S., Chen, D., & Zhou, Y. (2017). Study on the Construction and Optimization of a Resource-Based Industrial Ecosystem. *Resources, Conservation and Recycling*, 119, 97-108.
- Gawer, A., & Cusumano, M. (2014). Industry Platforms and Ecosystem Innovation. *Journal of Product Innovation Management*, 31(3), 417-433.
- Isenberg, D. J. (2011). Introducing the entrepreneurship ecosystem: Four defining characteristics. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/danisenberg/2011/05/25/introducing-the-entrepreneurship-ecosystemfour-defining-characteristics/?sh=29e08efd5fe8>
- Ivanter, V. V., & Komkov, N. I. (2012). Basic provisions of the concept of innovative industrialization of Russia. *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 vrozozhdenie Rossii [Economic revival of Russia]*, 2(56), 53-62. (In Russ.)
- Mikhailidi, D. Kh., Ragutkin, A. V., Skobelev, D. O., & Sukhaterin, A. B. (2023). Organization of an engineering center for industrial import substitution. *Russian Technological Journal*, 11(4), 105-115. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2023-11-4-105-115> (In Russ.)
- Moore, J. F. (2006). Business ecosystems and the view from the firm. *The Antitrust Bulletin*, 51(1), 31-75. <https://doi.org/10.1177/0003603X0605100103>
- Oh, D. S., Phillips, F., Park, S., & Lee, E. (2016). Innovation ecosystems: a critical examination. *Technovation*, 54, 1-6.
- 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, 715-725.
- Popov, E. V., Simonova, V. L., & Tikhonova, A. D. (2019). The structure of industrial "ecosystems" in the digital economy. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom [Management in Russia and abroad]*, (4), 3-11. (In Russ.)
- Proskurnin, S. D. (2017). Creation of self-organized innovative ecosystems in zones of special territorial development. *Regionalnaya ekonomika i upravlenie [Regional economics and management]*, 4(52). <https://eee-region.ru/article/5206/> (In Russ.)
- Rabelo, R. J., Bernus, P., & Romero, D. (2015). Innovation ecosystems: a collaborative networks perspective. In: *Proceedings 16th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises* (pp. 323-336). Springer, Cham.
- Reynolds, E. B., & Uygun, Y. (2018). Strengthening advanced manufacturing innovation ecosystems: the case of Massachusetts. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 178-191.
- Ritala, P., & Almpantopoulou, A. (2017). In defense of 'eco' in innovation ecosystem. *Technovation*, 60, 39-42.
- Shmeleva, N. V. (2023). Methodological approaches to assessing the resource efficiency of industrial ecosystems. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve [Models, systems, networks in economics, technology, nature and society]*, (1), 70-84. <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2023-1-4> (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), 161-178. <https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-161-178> (In Russ.)
- Smirnova, O., & Ponomareva, A. (2022). Evaluating the Effectiveness of the Regional Industrial Policy Implementation. *Advances in Systems Science and Applications*, 22(1), 51-64. <https://doi.org/10.25728/assa.2022.22.1.1096>
- Spaniol, M. J., & Rowland, N. J. (2022). Business ecosystems and the view from the future: the use of corporate foresight by stakeholders of the Ro-Ro shipping ecosystem in the Baltic Sea Region. *Technological Forecasting and Social Change*, 184, 121966.
- Sukharev, O. S. (2016). *Teoriya restrukturizatsii ekonomiki [The theory of economic restructuring]*. M.: Lenand, 256. (In Russ.)
- Titova, N. Yu. (2021). Industrial ecosystems and clusters as tools for implementing sustainable development goals. *Azimet nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie [Azimet of Scientific Research: Economics and Administration]*, 10(4), 267-270. (In Russ.)
- Tolstykh, T., Shmeleva, N., Vertakova, Y., & Plotnikov, V. (2020). The Entropy Model for Sustainability Assessment in Industrial Ecosystems. *Inventions*, 5(4), 54.
- Tsvetkov, V. A. (2017). Results and prospects of the national economy development. *Problemy rynochnoy ekonomiki [Market economy problems]*, (3), 4-13 (In Russ.)
- Vishnyagova, E. A., & Solovyova, I. A. (2022). Ecosystem as a mechanism for sustainable development of industry. *Vestnik YuUrGU. Seriya «Ekonomika i menedzhment» [Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management]*, 16(1), 62-76. <https://doi.org/10.14529/em220106> (In Russ.)
- Wagire, A. A., Joshi, R., Rathore, A. P. S., & Jain, R. (2021). Development of Maturity Model for Assessing the Implementation of Industry 4.0: Learning from Theory and Practice. *Production Planning & Control*, 32(8), 603-622.

Walrave, B., Talmar, M., Podoynitsyna, K. S., Romme, A. G. L., & Verbong, G. P. (2018). A multi-level perspective on innovation ecosystems for path-breaking innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 103-113.

Wareham, J., Fox, P. B., & Cano Giner, J. L. (2014). Technology ecosystem governance. *Organization science*, 25(4), 1195-1215.

Yao, X., Guo, C., Shao, S., & Jiang, Z. (2016). Total-factor CO₂ emission performance of China's provincial industrial sector: A meta-frontier non-radial Malmquist index approach. *Applied Energy*, 184, 1142-1153.

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>

Zoubek, M., Poor, P., Broum, T., Basl, J., & Simon, M. (2021). Industry 4.0 Maturity Model Assessing Environmental Attributes of Manufacturing Company. *Applied Sciences*, 11(11), 5151.

Информация об авторах

Митяков Евгений Сергеевич — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры информатики Института 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 Института экономики и управления, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева; <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, Professor of Informatics Department, 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 of the 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).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Дата поступления рукописи: 15.10.2023.

Прошла рецензирование: 07.11.2023.

Принято решение о публикации: 20.06.2024.

Received: 15 Oct 2023.

Reviewed: 07 Nov 2023.

Accepted: 20 Jun 2024.