

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Л. А. Гамидуллаева, Т. О. Толстых, Н. В. Шмелева

METHOD OF INTEGRATED ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF THE INDUSTRIAL ECOSYSTEM IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REGION

L. A. Gamidullaeva, T. O. Tolstykh, N. V. Shmeleva

Аннотация. *Предмет и цель работы.* Теоретические и методологические основы устойчивого экономического роста активно обсуждаются в научной литературе. Представлена попытка развития методических аспектов экосистемного подхода в целях устойчивого промышленного развития экономики региона. *Методы.* Разработана комплексная трехуровневая методика оценки потенциала промышленной экосистемы на основе системного методологического подхода. *Результаты и выводы.* Проведен сравнительный анализ моделей объединения акторов в промышленной сфере и выявлены принципиальные отличительные особенности экосистемы как новой организационно-управленческой модели, обеспечивающей сопряжение в процессе экономического роста инновационности и устойчивости. Показано, что модель промышленной экосистемы является развитием целого ряда кластерных, сетевых и иных моделей, объединив самые перспективные практики взаимодействия и координации участников и дополнив их новыми принципами, необходимыми в условиях трансформации организационно-экономических механизмов поведения экономических субъектов. Практическая значимость результатов исследования состоит в возможности использования предложенных методических положений в управлении промышленными предприятиями, а также при разработке программных документов и стратегий развития отраслей промышленности.

Ключевые слова: промышленная экосистема, инновационная экосистема, инновации, циркулярная экономика, интеграционный потенциал, циркулярный потенциал, устойчивое развитие, промышленный симбиоз.

Abstract. *Subject and goals.* Theoretical and methodological foundations of sustainable economic growth are actively developed in the scientific literature. The authors in this article attempted to develop the methodological aspects of the ecosystem approach in order to sustainable industrial development of the Russian regions. *Methods.* As a methodological basis of the study, a systematic approach is chosen. The authors developed a comprehensive three-level methodology for assessing the potential of the industrial ecosystem. *Results and conclusions.* A comparative analysis of the models of the actors' interaction in the industrial sphere is carried out and the fundamental distinctive features of ecosystems as a new organizational and managerial model that provide interfacing in the process of economic growth of innovation and sustainability are revealed. It is shown that the industrial ecosystem model is the development of a number of cluster, network and infrastructural models, combining the most promising practices of interaction and coordination and supplementing them with new principles necessary in the face of technological challenges. The practical significance of the research results lies in the possibility of using the developed methodological provisions in the practice of managing industrial enterprises, as well as in the development of program documents and strategies for the development of industries.

Keywords: industrial ecosystem, innovation ecosystem, innovation, circular economy, integration potential, circular potential, sustainable development, industrial symbiosis.

Введение

В условиях современного кризиса стало очевидным, что каждая страна должна опираться на собственный потенциал, максимально используя имеющиеся на внутренней территории ресурсы (природные, трудовые, интеллектуальные и др.), и стремиться прежде всего к поддержанию устойчивого развития. Для России эта проблема особенно актуальна в силу ее территориальной протяженности, географического, природно-ресурсного, демографического разнообразия, неравномерности пространственного развития, рассматриваемые как препятствия к устойчивому экономическому росту [1].

Цели устойчивого развития до 2030 г., принятые ООН в 2015 г., свидетельствуют о необходимости перехода на новую модель экономического роста – циркулярную экономику (ЦЭ) или экономику замкнутого цикла, в которой «отходы одной природной цепи являются исходным материалом для строительства другой» [2], что минимизирует в конечном итоге загрязнение окружающей среды. В целом устойчивое развитие характеризуется триединством производственно-экономического, социального и экологического [3–6] направлений развития. Приоритетными направлениями ЦЭ являются обеспечение максимальной эффективности от каждого бизнес-процесса в жизненном цикле товара или услуги. Сравнивая концепции устойчивого развития и циркулярной экономики, важно отметить единство заложенных в них подходов, диктуемых непрерывно возрастающими экологическими рисками, а также усилением значимости сотрудничества и коллаборации между заинтересованными сторонами для достижения целей социально-экономического развития.

Переход от традиционной модели экономического развития к устойчивой постепенно становится глобальным трендом, в рамках которого циркулярная экономика является инструментом достижения целей устойчивого развития [7]. Фактически концепция замкнутых производственных циклов или ЦЭ позволяет согласовать ключевые составляющие устойчивого развития, а именно экономический рост, социальное развитие и экологическое равновесие.

Россия находится в самом начале пути к построению циркулярной экономики. В январе 2018 г. была утверждена Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г. [8]. Планируется, что это позволит создать принципиально новую отрасль промышленности, вовлекающую в оборот дополнительные ресурсы и ориентированную на минимизацию количества создаваемых промышленных и коммунальных отходов.

Циркулярную экономику широко рассматривают как стратегию «примирения» промышленных систем с природной средой посредством тщательного проектирования новых продуктов и реализации процессов «замкнутой системы» [9]. Реализация концепции циркулярной экономики способствует защите окружающей среды и социальному процветанию [10], устранению экологических проблем, с которыми сталкивается общество, и в то же время обеспечению роста добавленной стоимости отраслей промышленности.

При этом в современных условиях практически невозможно говорить об устойчивом развитии экономики без учета инновационного фактора. Пе-

переход к циркулярной экономике потребует модернизации и внедрения в производство инновационных подходов и решений, активного внедрения экоинноваций различных типов.

Поиск организационно-управленческих моделей, обеспечивающих сопряжение в процессе экономического роста инновационности и устойчивости, ведется на протяжении многих лет. К наиболее известным моделям можно отнести кластеры, индустриальные сети, индустриальные и экоиндустриальные парки. Каждая из них имеет свои преимущества и ограничения использования на практике. Основным ограничительным моментом сетевых и кластерных моделей связан с тем, что горизонтальное синергетическое взаимодействие между участниками зависит от вертикального управления «сверху-вниз». Управляющей системой может выступать либо государственная структура, либо крупное предприятие, выстраивающее сеть под свои интересы и практически монополизирующее синергетические эффекты от сотрудничества и взаимодействия участников в таких структурах. Управление «сверху-вниз» изначально нарушает принципы гармонизации и сбалансированного развития, так как субъект управления выстраивает свою систему ценностей и приоритетов, не всегда совпадающую с интересами других участников.

Поэтому в последнее время в научной среде набирает популярность другая модель – социально-экономическая экосистема, которая в большей степени отвечает принципам устойчивого развития [11–16]. Само по себе понятие экосистемы является аналогом биологической экосистемы, в которой, как в природе, живые организмы и среда их обитания едины, гармоничны и сбалансированы [17]. Фактически сегодня можно говорить о новом подходе к региональному развитию, когда единицей анализа является не отрасль, предприятие, регион, а экосистема.

На фоне многочисленных исследований ЦЭ, проводимых различными научными школами, проводятся относительно редкие исследования, посвященные конкретным промышленным экосистемам, реализующим принципы циркулярности. Новая парадигма развития меняет подходы к управлению бизнесом, поведенческие стратегии и скорость реагирования на внешние вызовы. В этих условиях становится актуальным развитие промышленных экосистем, обеспечивающих устойчивое развитие и быстрое реагирование на новые технологические преобразования.

Данное исследование сфокусировано на промышленных экосистемах, реализующих принципы циркулярности. Предпринята попытка интеграции циркулярного и экосистемного подходов в целях промышленного развития региона. Научная значимость данного исследования состоит в разработке комплексной трехуровневой методики, позволяющей оценить потенциал промышленной экосистемы.

Экосистемный подход в промышленном развитии

В книге «От носорога к единорогу...» [18] авторы приравнивают современную экономику к сетевой, подразумевая под этим не только новые возможности в коммуникациях между людьми, но и гибкость сетевых управленческих структур, их эффективность, устойчивость к вызовам.

Наиболее обсуждаемыми в настоящее время сетевыми организационно-экономическими моделями развития экономических субъектов являются модели инновационных, бизнес-, финансовых, промышленных, предпринимательских и других экосистем как альтернативы традиционным структурам с иерархической вертикалью управления или популярным в последние десятилетия кластерным симбиозам.

Промышленные предприятия все чаще генерируют и внедряют инновации в сотрудничестве с заинтересованными сторонами в рамках различных инновационных экосистем. Наиболее полное определение инновационной экосистемы, на наш взгляд, это определение, предложенное авторами Гранстранд и Хольгерссон [19]. Согласно их мнению, такая экосистема представляет собой развивающуюся совокупность хозяйствующих субъектов, видов деятельности и артефактов, а также институтов и отношений, включая взаимодополняющие и комплементарные отношения, которые важны для инновационной деятельности отдельного актора или группы акторов. Некоторые исследователи понимают под экосистемой систему взаимосвязанных технологий сотрудничающих и конкурирующих фирм, предлагающих сопутствующие товары и услуги [20].

В целом сформировалось несколько направлений в исследовании инновационных экосистем (рис. 1)

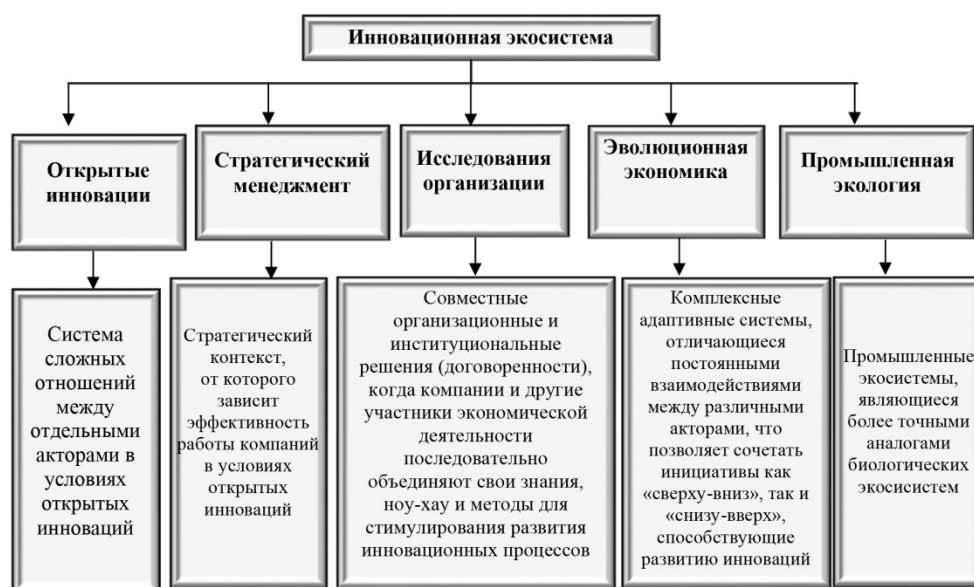


Рис. 1. Научные направления, занимающиеся исследованиями инновационных экосистем (составлено с использованием [19])

Промышленная экология изучает промышленные экосистемы, которые развиваются посредством оптимизации производства товаров и материалов, сводя к минимуму негативное воздействие промышленности на окружающую среду посредством циркулярных процессов. В рамках самоорганизации различные участники разрабатывают инновационные процессы для переработки продуктов, сокращения промышленных, природных и энергетических отходов, эксплуатации местных ресурсов и т.д.

Г. Б. Клейнер определяет промышленные экосистемы как локализованные социально-экономические формации, обеспечивающие устойчивое развитие посредством циркуляции ресурсов в целевой, экологической, технологической и проектной подсистемах [21]. В работе [22] промышленная экосистема определяется как набор компонентов, созданных владельцем продуктовой платформы, и инноваций, разрабатываемых независимыми акторами вне платформы. Авторы в [23] предложили трактовку термина «промышленная экосистема», учитывающую объектную (организационную), бизнес-процессную и средовую составляющие.

В литературе обсуждается ряд терминов, тесно связанных с промышленными экосистемами, подчеркивающих их междисциплинарный характер, включая промышленный симбиоз, индустриальные парки, экотехнопарки, эко-индустриальные парки и экоиндустриальные сети. Рассмотрим эти понятия более детально.

Промышленный симбиоз представляет собой совокупность межфирменных отношений, в которых отходы одних предприятий становятся ресурсами или энергией для другого предприятия [24]. Этот механизм объединяет компании из разных секторов экономики, способствуя переработке отходов производства, повышению эффективности использования ресурсов и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Промышленный симбиоз часто описывают как модель устойчивого развития и инструмент циркулярной экономики [25, 26].

В свою очередь экоиндустриальная сеть может включать не только постоянные связи в рамках циркулирования материальных потоков, но и случайные взаимодействия, а также связи, возникающие по поводу обмена знаниями [27].

Индустриальный парк – это промышленная площадка, предоставляющая всю необходимую инфраструктуру и доступ к факторам производства независимым предприятиям из разных отраслей промышленности. Это способствует достижению эффектов масштаба и синергии. Деятельность таких парков, как правило, находится под руководством управляющей компании, наделенной широкими полномочиями [28].

Понятие экоиндустриальных парков (ЭИП) впервые было использовано на Конференции ООН по развитию окружающей среды в 1992 г. в Рио-де-Жанейро. Уже к 2016 г. насчитывалось более 250 работающих или проектируемых ЭИП [29]. По определению, предложенному UNIDO, экоиндустриальные парки – это расположенные на одной территории производственные и сервисные компании, стремящиеся к улучшению экологических, экономических и социальных показателей путем сотрудничества в решении экологических и ресурсных вопросов [30].

По сравнению с индустриальными парками, в экоиндустриальных парках синергетический эффект выражается не только в росте экономических показателей, но также в сокращении негативного воздействия на окружающую среду и росте качества жизни локального сообщества.

В работе [31] обосновано, что внедрение ЭИП может внести существенный вклад в устойчивое развитие экономики. Эффекты от таких структур распространяются на три уровня: отдельных предприятий, межфирменный уровень, региональный и глобальный.

Наиболее известными примерами ЭИП являются Kalundborg (Дания), Kemi-Tornio (Финляндия), Town (Япония) и др.

Агентство по охране окружающей среды США [32] предлагает понимать под индустриальным парком «объединение производителей товаров и услуг, желающих улучшить экономическое и экологическое состояние путем совместного управления природными ресурсами и окружающей средой». Одним из наиболее известных парков является Burnside Industrial Park в Канаде.

Для решения проблемы отставания уровня использования современных возможностей в целях обработки бытовых отходов в России с недавнего времени начали реализовывать идею создания экотехнопарков, в рамках которых планируется строительство новых мусорных заводов. Основным назначением таких парков является в том числе «повышение использования вторичного сырья в промышленном производстве» [33]. Планируется создание семидесяти таких экотехнопарков к 2030 г. [33]. В Стратегии [8] приведено следующее определение: «экотехнопарк представляет собой объединенный энергетическими и взаимозависимыми материально-сырьевыми потоками и связями комплекс объектов, включающий в себя здания и сооружения, технологическое и лабораторное оборудование, используемые в деятельности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов, обеспечивающий их непрерывную переработку и производство на их основе промышленной продукции, а также осуществление научной, исследовательской и (или) образовательной деятельности».

В международных организациях ЮНИДО, ЕС и ряде других реализуются инициативы по интеграции технопарков и других объектов инновационной инфраструктуры в различные сетевые модели взаимодействия и координации. Роль связующего звена между объектами инновационной инфраструктуры в рамках ЕС возложена на Европейский институт инноваций и технологий. На наш взгляд, экоиндустриальные парки могут стать ключевыми акторами промышленной экосистемы, взаимодействующими на принципах циркулярности.

Можно выделить следующие принципы формирования промышленных экосистем, отражающие вызовы новой промышленной революции [16]:

- 1) трансграничность процессов экосистемы;
- 2) самоорганизация, саморегуляция, саморазвитие;
- 3) совместное генерирование и использование информационных, инновационных и интеллектуальных ресурсов;
- 4) неограниченность реализации проекта во времени (один проект инициирует реализацию других);
- 5) динамичность, гибкость, открытость к внешним вызовам;
- 6) клиентоориентированность;
- 7) многообразие акторов и сетевизация организационного дизайна;
- 8) коллаборация на основе партнерства, доверия, сотрудничества и взаимопомощи;
- 9) сбалансированность целей и задач акторов;
- 10) цикличность (новые знания как «энергия» обмена между акторами);
- 11) приоритетность политики ресурсосбережения;
- 12) сохранение и развитие потенциала каждого из участников проекта;
- 13) циркулярность экономики, позволяющая использовать ресурсы как можно дольше с возможностью трансформации продуктов одних проектов в другие проекты.

Таким образом, модель промышленной экосистемы является развитием целого ряда кластерных, сетевых и иных моделей [16], объединив самые перспективные практики взаимодействия и координации участников и дополнив их новыми принципами, необходимыми в условиях трансформации организационно-экономических механизмов поведения экономических субъектов.

Принципиальное отличие экосистем от кластеров и сетей заключается в отсутствии конкретного органа управления и равенстве возможностей для всех акторов. При этом принцип самоорганизации, реализуемый в экосистемах, не предполагает хаотического спонтанного объединения участников. В качестве центра интеллектуального притяжения акторов в экосистеме выступает пейсмейкер (*mastermind*), который может быть представлен отдельным актором, технологией, проектом или платформой. Пейсмейкер обеспечивает согласованность взаимодействия всех акторов между собой.

Акторами промышленной экосистемы могут быть промышленные предприятия, технопарки, инжиниринговые предприятия, стартапы, венчурные компании, фонды, государственные органы, финансовые структуры и другие участники рынка, задачи которых пересекаются со стратегическими целями экосистемы, формируемой пейсмейкером.

При этом акторы экосистемы – не статические игроки. Так как экосистема постоянно меняется в зависимости от жизненных циклов реализуемых ею проектов, то и у акторов есть возможность выступать в разных ролях в разных проектах [34]. Так, например, крупные промышленные комплексы, которым необходимы процессы трансформации, могут выступать в качестве *инициаторов* и *заказчиков* крупных инновационных проектов. Университеты, аккумулирующие и генерирующие отечественный и мировой опыт в отраслях, сотрудничающие с целым рядом отраслевых отечественных и зарубежных предприятий, могут взять на себя роль *интегратора*, привлекающего других акторов, обеспечивающего обмен информацией, компетенциями, знаниями между участниками и взаимодействие акторов между собой. Функции интегратора включают в себя задачи пейсмейкера и функции проектного офиса. При включении других участников в экосистему и в процессе обмена знаниями начинаются процессы генерирования идей и инициации проектов у других акторов, что обеспечивает принцип неограниченности реализации проекта экосистемы во времени. На стадиях генерирования проектов (конструирования, логической и технологической проработки, формализации идей) роли инициаторов, интеграторов и *генераторов* могут разделить другие акторы, такие как, технопарки, венчурные компании, исследовательские структуры и т.д. На этапе реализации проектов к этим акторам подключаются другие промышленные предприятия, стартапы, инжиниринговые компании, разделяющие роли *разработчиков* и *поставщиков уникальных ресурсов* и самоорганизующиеся в команды для реализации проектов. *Акторами-реализаторами* выступают промышленные предприятия, на которых идет внедрение проектов, и те акторы, кто участвовал в разработке этих проектов. Стадии продвижения реализованных проектов, преобразования опыта прошлых проектов в новые проекты принадлежат *акторам-промоутерам*, в качестве которых могут выступать университеты, промышленные предприятия, промышленные выставки, маркетинговые компании. Основные задачи *генераторов циркулярности*, выступающих промоутерами эффективности ресур-

сов, – реализация принципов циркулярности экономики и продвижение циркулярности в проектах (табл. 1).

Таблица 1

Роли акторов в экосистеме [35]

Роли акторов	Задачи и функции в экосистеме	Потенциальные акторы
Инициатор, заказчик	Инициация нового проекта, проведение испытательных работ, тестирование проекта, внедрение	Промышленные предприятия
Интегратор	Аккумуляция и генерирование отечественного и мирового опыта в отраслях, обеспечение согласованности взаимодействий в экосистеме, сбалансированности обмена «энергией» и ресурсами между акторами	Университеты, исследовательские организации, проектный офис, цифровые платформы
Разработчик	Конструирование, логическая и технологическая проработка, формализация идей, генерация идей и инициация проектов у других акторов, проведение испытательных работ, тестирование проекта, внедрение	Технопарки, стартапы, инжиниринговые компании, исследовательские структуры, университеты
Поставщик инвестиционных ресурсов	Финансирование проектов	Инвестиционные и венчурные фонды, отраслевые и территориальные органы власти
Поставщик уникальных ресурсов	Предоставление доступа к уникальным технологиям, материалам, компетенциям, информации	Технопарки, стартапы, инжиниринговые компании, исследовательские структуры
Промоутер проектов	Продвижение реализованных проектов, преобразование опыта прошлых проектов в новые проекты, коммерциализация проектов	Любой актор экосистемы
Генератор циркулярности	Обеспечение процессов использования ресурсов как можно дольше с возможностью регенерации продуктов проектов в другие проекты	Любой актор экосистемы

Корпоративные бизнес-модели не являются дискретными или взаимоисключающими, в их основе лежит перестройка отношений со всеми заинтересованными сторонами. Сотрудничество с другими промышленными предприятиями делает возможным совместное управление производственными ресурсами, направленное на минимизацию использования первичных ресурсов и образования отходов. Вовлечение потребителей в процесс управления ресурсами позволяет высвобождать ресурсы за счет совместного потребления и возвращать отходы потребления непосредственно в производственные циклы. Подключение к этим процессам регуляторов и исследовательских цен-

тров способствует выявлению новых возможностей для взаимодействия и развития ресурсоэффективных технологий в рамках такой системы.

Таким образом, вокруг процесса совместного управления ресурсами образуются экосистемы, а существующие промышленные объединения видоизменяются и объединяются в соответствии с принципами циркулярности. Промышленная экосистема позволяет не только более эффективно использовать ресурсы, но и обеспечивает устойчивое развитие всех ее акторов.

Ключевой задачей экосистемы является повышение интеграционного потенциала (потенциала взаимодействия) и обеспечение конкурентоспособности отдельных акторов экосистемы. Потенциал экосистемы можно определить через интегральную оценку потенциалов всех составляющих элементов экосистемы (рис. 2).



Рис. 2. Обобщенная структура потенциалов экосистемы [16]

Под *потенциалом экосистемы* авторы понимают совокупность источников, возможностей и средств, которые могут быть использованы для достижения определенной цели. Основу любого потенциала составляют ресурсы, и в зависимости от их специфики потенциалы подразделяют на виды и группы. Например, в основе экономического потенциала, состоящего из ресурсного, производственного и инвестиционного потенциалов, находятся материальные ресурсы. Акторы занимаются определенными видами деятельности, перспективы развития которых зависят от соответствующего потенциала – инновационного, интеллектуального, проектного.

Методология и методы исследования

Для оценки соответствия фактических результатов деятельности акторов промышленной экосистемы целевым установкам целесообразно использовать интегральный показатель, рассчитываемый на основе предложенных шкал оценок показателей и предпочтительности.

На нижнем, третьем, уровне иерархии оценивается потенциал каждого актора (ПА) в зависимости от его роли в экосистеме. Потенциал актора i можно представить интегральной величиной, включающей составляющие:

$$P_{3i} = f(G_{1i}, G_{2i}, G_{3i}, G_{4i}, G_{5i}, G_{6i}, G_{7i}, G_{8i}, G_{9i}), \quad i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где n – количество акторов экосистемы; G_{1i} – производственный потенциал; G_{2i} – инновационный потенциал; G_{3i} – интеллектуальный потенциал; G_{4i} – кадровый потенциал; G_{5i} – финансовый потенциал; G_{6i} – технологический по-

тенциал; G_{7i} – проектный потенциал; G_{8i} – ресурсный потенциал; G_{9i} – управленческий потенциал.

На втором уровне, уровне групп акторов, интегральный потенциал можно представить в виде функции следующих подсистем:

$$P_{2j} = f(Q_{1j}, Q_{2j}, Q_{3j}, Q_{4j}, Q_{5j}, Q_{6j}, Q_{7j}, Q_{8j}, Q_{9j}), \quad j = 1, \dots, m, \quad (2)$$

где m – количество групп акторов экосистемы; Q_{1i} – имиджевый потенциал; Q_{2j} – стратегический; Q_{3j} – интеллектуальный; Q_{4j} – коммуникационный; Q_{5j} – инвестиционный; Q_{6j} – технологический; Q_{7j} – проектный; Q_{8j} – ресурсный; Q_{9i} – интеграционный.

В свою очередь первый уровень иерархии показывает уровень показателей экосистемы в целом, которые определяются экспертным путем в зависимости от целевых установок экосистемы.

Показатели нижнего уровня, характеризующие потенциал актора, назовем элементарной группой, которая имеет определенный вес (d_j^1) в интегральной оценке. Элементарные группы (первого порядка) объединяются в группы второго порядка, каждая из которых имеет свой вес (d_j^2) (табл. 2).

Таблица 2

Введенные обозначения

Для элементарной группы	
c_i	целевое состояние (значение) показателя, характеризующего ПА
f_i	фактически достигнутое состояние показателя
d_i	вес (уровень важности) показателя
i	индекс показателя в группе, $i=1 \dots n$.
Для групп	
k	индекс проекта, планируемого к реализации в экосистеме
j	индекс группы k -го проекта
d_j^k	вес j -й группы k -го проекта
F_j^k	интегральная оценка показателей j -й группы k -го проекта

Таким образом, необходимо решить следующие задачи [16]:

1. *Определить оценки показателей в каждой элементарной группе.*

Для решения этой задачи предлагается следующая шкала оценок показателей целевому состоянию (табл. 3). Если показатель количественный, то градации могут быть определены через относительные (или абсолютные) отклонения, т.е. в виде $(c_i - f_i)$ или (f_i / c_i) [36].

Таблица 3

Шкала оценок показателей элементарной группы [36]

Оценка f_i , балл	Определение	Комментарий
1	Абсолютное отставание	Отставание неоспоримое
2	Значительное отставание	Отставание явное
3	Средняя степень отставания	Отставание имеет практическое подтверждение
4	Слабая степень отставания	Отставание подтверждается косвенными факторами
5	Равенство целевому значению	Акторы потенциально равны
6	Слабая степень превосходства	Превосходство подтверждается косвенными факторами
7	Средняя степень превосходства	Превосходство имеет практическое подтверждение
8	Значительное превосходство	Превосходство явное
9	Абсолютное превосходство	Превосходство неоспоримое

2. Определить веса оценок в элементарной группе и веса отдельных групп.

Данную задачу можно решить методом парных сравнений [36]. Для этого необходимо составить матрицу парных сравнений A :

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

В матрице (3) значение элемента a_{ij} – значение предпочтительности в баллах одного показателя над другим. Для установления значений a_{ij} будем использовать шкалу оценки предпочтительности (табл. 4).

Таблица 4

Шкала оценок предпочтительности [36, 37]

Оценка a_{ij} , балл	Определение	Комментарий
1	Равная значимость	Показатель i (в строке) одинаково значим с показателем j (в столбце)
2	Слабая степень превосходства	Промежуточное значение
3	Средняя степень превосходства	Показатель i немного предпочтительнее показателя j
4	Превосходство выше среднего	Промежуточное значение
5	Умеренно сильное превосходство	Показатель i явно предпочтительнее показателя j
6	Значительное превосходство	Промежуточное значение
7	Весьма значительное	Превосходство показателя i над показателем j имеет практическое подтверждение
8	Бесспорное превосходство	Промежуточное значение
9	Абсолютное превосходство	Показатель i неоспоримо превосходит показатель j

При этом матрица A в идеальном случае должна удовлетворять следующим свойствам:

1) матрица обратна симметрична, т.е. $a_{ji} = 1 / a_{ij}$;

2) матрица согласована, т.е. $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$.

В этом случае максимальное собственное значение матрицы A равно ее порядку n (остальные собственные значения равны нулю), а соответствующий ему собственный вектор является вектором весов объектов:

$$\bar{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n), i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Следует заметить, что собственный вектор (4) не является нормированным, а это свойство должно выполняться для весов сравниваемых объектов. Нормированные веса можно вычислить по формуле

$$d_i = \frac{y_i}{\sum_{i=1}^n y_i}, i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Тогда сумма весов и будет равна 1.

3. Определить интегральную оценку потенциала актора.

Интегральная оценка потенциала актора определяется как среднее геометрическое взвешенное оценок показателей группы, т.е.

$$F_j^1 = \prod_i f_i^{d_i}. \quad (6)$$

4. Определить интегральный показатель групп k -го уровня.

Аналогично формуле (4) для групп k -го уровня имеем среднее геометрическое взвешенное подгрупп j группы:

$$F_j^k = \prod_i F_i^{d_i^k}. \quad (7)$$

5. Определить потенциал промышленной экосистемы.

Интегральный показатель потенциала экосистемы определяется как показатель группы самого высокого уровня иерархии по формуле (7) [16].

Таким образом, в интегральном показателе можно использовать как качественные, так и количественные оценки, характеризующие эффективность процессов, протекающих в экосистеме.

Качественную оценку потенциала экосистемы рекомендуется проводить экспертным путем на основании значимости каждой составляющей. Для количественной оценки потенциалов акторов экосистемы авторы предлагают использовать группы интегральных показателей в соответствии со структурой экосистемы.

При формировании групп интегральных показателей авторы исходили из определения экосистемы и принципов ее функционирования, необходимости циркулярности в использовании материальных ресурсов и обеспечения устойчивости экосистемы. Набор показателей в каждой группе может меняться в зависимости от целей оценки, типов проектов, временных интервалов и других факторов. Интерпретация результатов оценки потенциалов зависит от целей и задач проектов, применительно к которым их рассматривают.

В табл. 5 приведены примеры возможных интегральных показателей для оценки потенциалов акторов, отражающих их вклад в развитие экосистемы, и групп акторов [16].

Таблица 5

Показатели для оценки потенциала акторов экосистемы

Вид потенциала	Интегральные показатели	Количественные / Экспертные
1	2	3
Показатели для оценки потенциала акторов экосистемы		
Технологический потенциал	1. Коэффициент технологического обмена (отношение доходов и платежей при обороте технологий и результатов НИОКР).	+/-
	2. Коэффициент обновления технологий.	+/-
	3. Доля уникальных технологий в общей структуре.	+/+
	4. Уровень информационного и коммуникационного обеспечения	-/+

Окончание табл. 5

1	2	3
Инновационный потенциал	1. Суммарный инновационный индекс СИИ.	+/-
	2. Инновационная активность актора (количество введенных за единицу времени нововведений/уровень активности).	+/+
	3. Уровень цифровой зрелости.	+/+
	4. Удельный вес уникальности производимой продукции.	+/-
	5. Затраты на исследования и разработки.	-/+
	6. Инновационно-проектный уровень (количество инновационных проектов к общему числу реализуемых проектов)	+/-
Кадровый потенциал	1. Уровень управленческой зрелости.	-/+
	2. Уровень цифровой зрелости персонала.	-/+
	3. Уровень зрелости проектного менеджмента.	+/+
	4. Уровень компетентностной уникальности (численность сотрудников, обладающих уникальными компетенциями к общему числу персонала)	+/-
Финансовый потенциал	1. Сальдированный финансовый результат актора.	+/-
	2. Доходность совокупных активов.	+/-
	3. Уровень финансового левериджа	+/-
Стратегический потенциал	1. Соответствие ресурсов стратегическим целям актора.	-/+
	2. Индекс удовлетворенности акторов качеством среды.	-/+
	3. Уровень корпоративной культуры	-/+
Циркулярный потенциал	1. Снижение потребления энергии.	+/+
	2. Сохранение ресурсов.	
	3. Снижение выбросов CO ₂	
Показатели для оценки потенциала групп акторов экосистемы		
Интеллектуальный	1. Интегральный показатель, включающий в себя интеллектуальные активы, уникальные технологии	+/+
Интеграционный	1. Уровень развития сотрудничества между акторами (кооперация).	-/+
	2. Трансфер знаний, технологий, результатов в рамках экосистемы.	+/-
	3. Количество и стоимость совместных проектов, в которых задействованы акторы экосистемы	+/-

При оценке потенциалов акторов экосистемы потенциал для 1-го и 2-го уровня иерархии определяется как интегральный результат показателей 3-го уровня иерархии (элементарная группа).

Преимущество описанного метода оценки потенциалов акторов экосистемы заключается в том, что полученные результаты могут быть сопоставимы в динамике на разных уровнях экосистемы и с другими экосистемами. Кроме того, полученные данные можно объединить с другими показателями для дальнейшего комплексного анализа.

Заключение

В современном мире роль интеграционных процессов возрастает, следовательно, проблема поиска оптимальных организационно-экономических моделей, позволяющих максимально использовать синергетические эффекты от взаимодействия субъектов экономической деятельности, также становится все более актуальной [35–42]. В современных кризисных условиях, которые характеризуются стагнацией отечественной экономики, снижением ресурсных возможностей для развития предприятий и организаций, деглобализационными тенденциями развития мировой экономики, актуализируется и задача поиска новых механизмов развития промышленных структур. Эти механизмы связаны преимущественно с интеграцией потенциалов промышленных предприятий в целях получения эффектов масштаба и синергии.

В статье проведен сравнительный анализ моделей объединения акторов в промышленной сфере и показаны принципиальные отличительные особенности экосистемы как новой организационно-управленческой модели, обеспечивающей сопряжение в процессе экономического развития инновационного роста и устойчивого функционирования предприятий. Показано, что модель промышленной экосистемы является развитием целого ряда кластерных, сетевых и иных моделей, объединив самые перспективные практики взаимодействия и координации участников и дополнив их новыми принципами, необходимыми в условиях трансформации организационно-экономических механизмов поведения экономических субъектов.

Авторами разработана комплексная трехуровневая методика оценки потенциала промышленной экосистемы. Анализ международных публикаций по оценке интеграционных потенциалов регионов, территорий, кластеров и экосистем позволил выявить следующие используемые в исследованиях методы: простые показатели; гравитационные модели; модели межотраслевого баланса. Однако одним из наиболее часто используемых инструментов является гравитационная модель (CGE) [42–45], поскольку ее можно легко модифицировать для конкретной задачи. Выбор нашего метода определяется прежде всего доступностью и спецификой исходных данных. Важным преимуществом предлагаемого метода является возможность мониторинга мультипликативного влияния на параметры экосистемы изменений любого индикатора.

Практическая значимость результатов исследования состоит в возможности использования разработанных методических положений в управлении промышленными предприятиями, а также при разработке программных документов и стратегий развития отраслей промышленности.

Дальнейшая практическая апробация предложенного в работе методического подхода для оценки промышленных экосистем поможет собрать новую информацию, анализ которой позволит исследователям, органам власти и управления и всем заинтересованным субъектам лучше понять условия, способствующие согласованию экономических, социальных и экологических интересов современного общества и обеспечению эколого-социально-экономического развития.

Исследование выполнено при поддержке грантов РФФИ № 20-010-00470, № 18-010-00204.

Библиографический список

1. Коростышевская, Е. М. Социальная компонента государственной региональной политики и ее роль в обеспечении устойчивого развития и экономической безопасности / Е. М. Коростышевская, В. А. Плотников, А. В. Пролубников, М. В. Рукинов // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2018. – № 6. – С. 120–126.
2. Ратнер, С. В. Циркулярная экономика: теоретические основы и практические приложения в области региональной экономики и управления / С. В. Ратнер // Инновации. – 2018. – № 9 (239). – С. 29–37.
3. Диксон, Д. А. Экономический анализ воздействий на окружающую среду : пер. с англ. / Д. А. Диксон, Л. Ф. Скура, Р. А. Карпентер, П. Б. Шерман. – Лондон, 1994. – Ч. 1. От теории к практике.
4. Федоренко, Н. П. Экология и экономика – эволюция взаимоотношений. От «экономики» природы до «большой» экологии / Н. П. Федоренко, Н. Ф. Реймерс // Философские проблемы глобальной экологии. – Москва, 1983. – С. 230–277.
5. Канаева, О. А. Социальные императивы устойчивого развития / О. А. Канаева // Вестник СПбГУ. Экономика. – 2018. – Т. 34, вып. 1. – С. 26–58. – URL: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2018.102>
6. Мунасингхе, М. Экономическая политика и окружающая среда. Опыт и выводы / М. Мунасингхе, В. Круз // Публикации Всемирного банка по проблемам окружающей среды. – Вашингтон, округ Колумбия, 1995. – Вып. 10.
7. Шимова, О. С. Экономика замкнутого цикла: окно возможностей для Беларуси / О. С. Шимова // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость : программа XII Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 16 мая 2019 г.). – Минск : БГЭУ, 2019. – С. 72–73.
8. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. – URL: <http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf>
9. Fedotkina, O. Circular Economy in Russia: Drivers and Barriers for Waste Management Development / O. Fedotkina, E. Gorbashko, N. Vatolkina // Sustainability. – 2019. – Vol. 11 (20). – P. 5837. – URL: <https://doi.org/10.3390/su11205837>
10. Ghisellini, P. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems / P. Ghisellini, C. Cialani, S. Ulgiati // J. Clean. Prod. – 2016. – № 114. – P. 11–32.
11. Adner, R. Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations / R. Adner, R. Kapoor // Strategic Management Journal. – 2010. – Vol. 31. – P. 306–333.
12. Autio, E. Innovation ecosystems. In The Oxford handbook of innovation management / E. Autio, L. Thomas. – Oxford, UK : Oxford University Press, 2014. – P. 204–288. – URL: https://www.rvc.ru/upload/iblock/06b/Innovation_ecosystem_analytical_report.pdf
13. Клейнер, Г. Б. Экономика экосистем: шаг в будущее / Г. Б. Клейнер // Экономическое возрождение России. – 2019. – № 1 (59). – С. 40–45.
14. Проскурнин, С. Д. Создание самоорганизуемой инновационной экосистемы в зонах особого территориального развития / С. Д. Проскурнин // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2017. – № 4 (52). – URL: <https://eee-region.ru/article/5206/>
15. Преображенский, Б. Г. Обеспечение устойчивости в развитии региональных промышленных систем / Б. Г. Преображенский, Т. О. Толстых, Н. В. Шмелева // Регион: системы, экономика, управление. – 2019. – № 2 (45). – С. 12–17.
16. Tolstykh, T. Evaluation of Circular and Integration Potentials of Innovation Ecosystems for Industrial Sustainability / T. Tolstykh, N. Shmeleva, L. Gamidullaeva // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – 4574 p.
17. Tansley, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms / A. G. Tansley // Ecology. – 1935. – Т. 16, № 3. – С. 284–307.

18. Орловский, В. М. От носорога к единорогу. Как провести компанию через трансформацию в цифровую эпоху / В. М. Орловский, В. В. Коровкин. – Бомбо-ра, 2020. – 192 с.
19. Granstrand, O. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition / O. Granstrand, M. Holgersson // *Technovation*. – 2020. – Vol. 90-91.
20. Radziwon, A. Creating and capturing value in a regional innovation ecosystem: A study of how manufacturing SMEs develop collaborative solutions / A. Radziwon, M. Bogers, A. Bilberg // *Technol. Manag.* – 2017. – Vol. 75. – P. 1–4.
21. Клейнер, Г. Б. Промышленные экосистемы: Взгляд в будущее / Г. Б. Клейнер // *Экономическое возрождение России*. – 2018. – № 3. – С. 53–62.
22. Wareham, J. Technology Ecosystem Governance / J. Wareham, P. Fox, J. Lluís Cano Giner // *Organization Science*. – 2014. – Vol. 25 (4). – P. 1195–1215.
23. Попов, Е. В. Структура промышленных «экосистем» в цифровой экономике / Е. В. Попов, В. Л. Симонова, А. Д. Тихонова // *Менеджмент в России и за рубежом*. – 2019. – № 4. – С. 3–11.
24. Tools for Promoting Industrial Symbiosis: A Systematic Review / Z. Yeo, D. Masi, J. Low, Y. Ng, P. Tan, S. Barnes // *Journal of Industrial Ecology*. – 2019. – Vol. 23 (5). – P. 1087–1108. – URL: <https://doi.org/10.1111/jiec.12846>.
25. Bocken, N. Product design and business model strategies for a circular economy / N. Bocken, I. De Pauw, C. Bakker, B. Van Der Grinten // *Prod. Eng.* – 2016. – Vol. 33. – P. 308–320. – DOI 10.1080/21681015.2016.1172124.
26. Isenmann, R. Setting the boundaries and highlighting the scientific profile of industrial ecology / R. Isenmann // *Information Technologies in Environmental Engineering*. – 2008. – Vol. 1 (1). – P. 32–39.
27. Ассоциация промышленных парков России. Индустриальные парки России. Отраслевой обзор. – 2019. – URL: <https://indparks.ru/en/> (дата обращения: 25.06.2020).
28. Дорохина, Е. Ю. Индустриальные и эко-индустриальные парки как средства преодоления региональных конфликтов при использовании природных ресурсов / Е. Ю. Дорохина // *Проблемы региональной экологии*. – 2018. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/industrialnye-i-eko-industrialnye-parki-kak-sredstva-preodoleniya-regionalnyh-konfliktov-pri-ispolzovanii-prirodnih-resursov> (дата обращения: 25.06.2020).
29. UNIDO, World Bank Group, and GIZ. An International Framework for Eco-Industrial Parks. The World Bank Group. – 2017. – URL: <https://doi.org/10.1596/29110> (дата обращения: 25.06.2020).
30. UNIDO. Eco-Industrial Parks – Achievements and Key Insights from the Global RECP Programme. Swiss Confederation. – 2019. – 52 p. – URL: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-10/UNIDO_EIP_Achievements_Publication_Final_0.pdf
31. Hein, A. M. A Conceptual Framework for Eco-Industrial Parks / A. M. Hein, M. Jankovic, R. Farel, B. Yannou // *Proceedings of International Conference on Design Engineering, Computers and Information*. – Massachusetts, USA: The American Society of Mechanical Engineers, 2015.
32. Chertow, M. R. Uncovering Industrial Symbiosis / M. R. Chertow // *Journal of Industrial Ecology*. – 2007. – Vol. 1 (1). – P. 11–30.9
33. Алабаева, Н. С. Развитие эко-индустриальных парков в России и за рубежом / Н. С. Алабаева, С. В. Велицкая, О. С. Малахова, С. П. Королева // *Экономика и бизнес: теория и практика*. – 2019. – № 6-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-eko-industrialnyh-parkov-v-rossii-i-za-rubezhom> (дата обращения: 25.06.2020).
34. Толстых, Т. О. Методические аспекты формирования портфеля проектов в инновационной экосистеме / Т. О. Толстых, Л. А. Гамидуллаева, Н. В. Шмелева // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. – № 1. – 2020. – С. 16–26.

35. Tolstykh, T. Regional Development in Russia: An Ecosystem Approach to Territorial Sustainability Assessment / T. Tolstykh, L. Gamidullaeva, N. Shmeleva, Y. Lapygin // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – 6424.
36. Преображенский, Б. Г. Разработка инструментария анализа эффективности инновационной деятельности экономических систем / Б. Г. Преображенский, Т. О. Толстых, Е. В. Шкарупета // Регион: системы, экономика, управление. – 2018. – № 1 (40). – С. 67–76
37. Harrington, E. C. The Desirability Function / E. C. Harrington // Industrial Quality Control, 1965. – № 21 (10). – P. 494–498.
38. Толстых, Т. О. Математическое моделирование оценки потенциала конкурентоспособности торгового предприятия / Т. О. Толстых, Г. В. Шуршикова // Системы управления и информационные технологии. – 2012. – № 2-1 (48). – С. 183–187.
39. Shmeleva, N. Innovation ecosystems in metallurgical industry: evolution, measurements and trends / N. Shmeleva // 19 th International multidisciplinary scientific GEO conference (SGEM 2019, Sofia, Bulgaria). – 2019. – Vol. 18, iss. 5 (6). – P. 1138–1147.
40. Гамидуллаева, Л. А. Разработка и реализация сценариев цифровой трансформации промышленных экосистем / Л. А. Гамидуллаева, Е. В. Шкарупета, А. В. Тарасов, О. А. Лузгина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2019. – № 4 (52). – С. 202–210.
41. From innovation system through institutional transformation to digital innovation ecosystem / S. Vasin, L. Gamidullaeva, T. Tolstykh, T. Rostovskaya, V. Skorobogatova // Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018: Innovation Management and Education Excellence through Vision. – 2018. – P. 4620–4633.
42. Толстых, Т. О. Ключевые факторы развития промышленных предприятий в условиях индустрии 4.0 / Т. О. Толстых, Л. А. Гамидуллаева, Е. В. Шкарупета // Экономика в промышленности. – 2018. – № 1. – С. 4–12.
43. Rojid, S. COMESA trade potential: a gravity approach / S. Rojid // Applied Economics Letters. – 2006. – Vol. 13:14. – P. 947–951. – DOI 10.1080/13504850500426061.
44. Kahouli, B. Trade creation and diversion effects in the Mediterranean area: Econometric analysis by gravity model / B. Kahouli, S. Maktouf // The Journal of International Trade & Economic Development. – 2015. – Vol. 24:1. – P. 76–104.
45. Darku, A. The Gravity Model and the Test for the Regional Integration Effect: The Case of Tanzania / A. Darku // The Journal of Developing Areas. – 2009. – Vol. 43 (1). – P. 25–44. – DOI 10.1353/jda.0.0040.

References

1. Korostyshevskaya E. M., Plotnikov V. A., Prolubnikov A. V., Rukinov M. V. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [Izvestiya of Saint Petersburg state University of Economics]. 2018, no. 6, pp. 120–126. [In Russian]
2. Ratner S. V. *Innovatsii* [Innovations]. 2018, no. 9 (239), pp. 29–37. [In Russian]
3. Dikson D. A., Skura L. F., Karpenter R. A., Sherman P. B. *Ekonomicheskij analiz vozdeystviy na okruzhayushchuyu sredu: per. s angl.* [Economic analysis of environmental impacts: trans. from english]. London, 1994, part 1. [In Russian]
4. Fedorenko N. P., Reymers N. F. *Filosofskie problemy global'noy ekologii* [Philosophical problems of global ecology]. Moscow, 1983, pp. 230–277. [In Russian]
5. Kanaeva O. A. *Vestnik SPbGU. Ekonomika* [Saint Petersburg State University Bulletin. Economy]. 2018, vol. 34, iss. 1, pp. 26–58. Available at: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2018.102> [In Russian]
6. Munasingkhe M., Kruz V. *Publikatsii Vsemirnogo banka po problemam okruzhayushchey sredy* [World Bank publications on environmental issues]. Vashington, okrug Kolumbiya, 1995, iss. 10. [In Russian]
7. Shimova O. S. *Ekonomicheskij rost Respubliki Belarus': globalizatsiya, innovatsionnost', ustoychivost': programma XII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Minsk, 16 maya 2019 g.)* [Economic growth of the Republic of Belarus: globalization, innovation, sus-

- tainability: program XII international. scientific-practical Conf. (Minsk, may 16, 2019)]. Minsk: BGEU, 2019, pp. 72–73. [In Russian]
8. *Strategiya razvitiya promyshlennosti po obrabotke, utilizatsii i obezvrezhivaniyu ot-khodov proizvodstva i potrebleniya na period do 2030 goda* [Industrial development strategy for processing, recycling and disposal of industrial and consumer waste for the period up to 2030.]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf> [In Russian]
 9. Fedotkina O., Gorbashko E., Vatulkina N. *Sustainability*. 2019, vol. 11 (20), pp. 5837. Available at: <https://doi.org/10.3390/su11205837>
 10. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. *J. Clean. Prod.* 2016, no. 114, pp. 11–32.
 11. Adner R., Kapoor R. *Strategic Management Journal*. 2010, vol. 31, pp. 306–333.
 12. Autio E., Thomas L. *Innovation ecosystems*. In *The Oxford handbook of innovation management*. Oxford, UK: Oxford University Press, 2014, pp. 204–288. Available at: https://www.rvc.ru/upload/iblock/06b/Innovation_ecosystem_analytical_report.pdf
 13. Kleynner G. B. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii* [Economic revival of Russia]. 2019, no. 1 (59), pp. 40–45. [In Russian]
 14. Proskurnin S. D. *Regional'naya ekonomika i upravlenie: elektronnyy nauchnyy zhurnal* [Regional Economics and management: electronic scientific journal]. 2017, vol. 4 (52). Available at: <https://eee-region.ru/article/5206/> [In Russian]
 15. Preobrazhenskij B. G., Tolstykh T. O., Shmeleva N. V. *Region: sistemy, ekonomika, upravlenie* [Region: systems, economy, management]. 2019, no 2 (45), pp. 12–17. [In Russian]
 16. Tolstykh T., Shmeleva N., Gamidullaeva L. *Sustainability*. 2020, vol. 12, 4574 p.
 17. Tansley A. G. *Ecology*. 1935, vol. 16, no. 3, pp. 284–307.
 18. Orlovskiy V. M., Korovkin V. V. *Ot nosoroga k edinorogu. Kak provediti kompaniyu cherez transformatsiyu v tsifrovuyu epokhu* [From a rhino to a unicorn. How to lead a company through transformation in the digital age]. Bombora, 2020, 192 p. [In Russian]
 19. Granstrand O., Holgersson M. *Technovation*. 2020, vol. 90-91.
 20. Radziwon A., Bogers M., Bilberg A. *Technol. Manag.* 2017, vol. 75, pp. 1–4.
 21. Kleynner G. B. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii* [Economic revival of Russia]. 2018, no. 3, pp. 53–62. [In Russian]
 22. Wareham J., Fox P., J. Lluís Cano Giner *Organization Science*. 2014, vol. 25 (4), pp. 1195–1215.
 23. Popov E. V., Simonova V. L., Tikhonova A. D. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom* [Management in Russia and abroad]. 2019, no. 4, pp. 3–11. [In Russian]
 24. Yeo Z., Masi D., Low J., Ng Y., Tan P., Barnes S. *Journal of Industrial Ecology*. 2019, vol. 23 (5), pp. 1087–1108. Available at: <https://doi.org/10.1111/jiec.12846>.
 25. Bocken N., De Pauw I., Bakker C., Van Der Grinten B. *Prod. Eng.* 2016, vol. 33, pp. 308–320. DOI 10.1080/21681015.2016.1172124.
 26. Isenmann R. *Information Technologies in Environmental Engineering*. 2008, vol. 1 (1), pp. 32–39.
 27. *Assotsiatsiya industrial'nykh parkov Rossii. Industrial'nye parki Rossii. Otrasley obzor* [Association of industrial parks of Russia. Industrial parks in Russia. Sector report]. 2019. Available at: <https://indparks.ru/en/> (accessed Jun. 25, 2020). [In Russian]
 28. Dorokhina E. Yu. *Problemy regional'noy ekologii* [Problems of regional ecology]. 2018, no. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/industrialnye-i-eko-industrialnye-parki-kak-sredstva-preodoleniya-regionalnyh-konfliktov-pri-ispolzovanii-prirodnyh-resursov> (accessed Jun. 25, 2020). [In Russian]
 29. UNIDO, World Bank Group, and GIZ. *An International Framework for Eco-Industrial Parks*. The World Bank Group. 2017. Available at: <https://doi.org/10.1596/29110> (accessed Jun. 25, 2020).
 30. UNIDO. *Eco-Industrial Parks – Achievements and Key Insights from the Global RECP Programme*. Swiss Confederation. 2019, 52 p. Available at: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-10/UNIDO_EIP_Achievements_Publication_Final_0.pdf

31. Hein A. M., Jankovic M., Farel R., Yannou B. *Proceedings of International Conference on Design Engineering, Computers and Information*. Massachusetts, USA: The American Society of Mechanical Engineers, 2015.
32. Chertow M. R. *Journal of Industrial Ecology*. 2007, vol. 1 (1), pp. 11–30.9
33. Alabaeva N. S., Velitskaya S. V., Malakhova O. S., Koroleva S. P. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika* [Economics and business: theory and practice]. 2019, no. 6-1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-eko-industrialnyh-parkov-v-rossii-i-za-rubezhom> (accessed Jun. 25, 2020). [In Russian]
34. Tolstykh T. O., Gamidullaeva L. A., Shmeleva N. V. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* [Models, systems, and networks in Economics, technology, nature, and society]. 2020, no. 1, pp. 16–26. [In Russian]
35. Tolstykh T., Gamidullaeva L., Shmeleva N., Lapygin Y. *Sustainability*. 2020, vol. 12, 6424.
36. Preobrazhenskiy B. G., Tolstykh T. O., Shkarupeta E. V. *Region: sistemy, ekonomika, upravlenie* [Region: systems, economy, management]. 2018, no. 1 (40), pp. 67–76. [In Russian]
37. Harrington E. C. *Industrial Quality Control*. 1965, no. 21 (10), pp. 494–498.
38. Tolstykh T. O., Shurshikova G. V. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii* [Management systems and information technologies]. 2012, no. 2-1 (48), pp. 183–187. [In Russian]
39. Shmeleva N. *19 th International multidisciplinary scientific GEO conference (SGEM 2019, Sofia, Bulgaria)*. 2019, vol. 18, iss. 5 (6), pp. 1138–1147.
40. Gamidullaeva L. A., Shkarupeta E. V., Tarasov A. V., Luzgina O. A. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Obshchestvennye nauki* [News of higher educational institutions. Volga region. Social science]. 2019, no. 4 (52), pp. 202–210. [In Russian]
41. Vasin S., Gamidullaeva L., Tolstykh T., Rostovskaya T., Skorobogatova V. *Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018: Innovation Management and Education Excellence through Vision*. 2018, pp. 4620–4633.
42. Tolstykh T. O., Gamidullaeva L. A., Shkarupeta E. V. *Ekonomika v promyshlennosti* [Economics in industry]. 2018, no. 1, pp. 4–12. [In Russian]
43. Rojidi S. *Applied Economics Letters*. 2006, vol. 13:14, pp. 947–951. DOI 10.1080/13504850500426061.
44. Kahouli B., Maktouf S. *The Journal of International Trade & Economic Development*. 2015, vol. 24:1, pp. 76–104.
45. Darku A. *The Journal of Developing Areas*. 2009, vol. 43 (1), pp. 25–44. DOI 10.1353/jda.0.0040.

Гамидуллаева Лейла Айваровна

доктор экономических наук, профессор,
кафедра менеджмента и экономической
безопасности,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40);
заведующий кафедрой прикладной
и бизнес-информатики,
Московский государственный
университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (ПКУ)
(Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 6)
E-mail: gamidullaeva@gmail.com

Gamidullaeva Leyla Ayvarovna

doctor of economical sciences, professor,
sub-department of management
and economic security,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia);
head of sub-department of applied
and business informatics,
K.G. Razumovsky Moscow State
University of technologies
and management (FCU)
(6 Volodarskogo street, Penza, Russia)

Толстых Татьяна Олеговна

доктор экономических наук, профессор,
кафедра промышленного менеджмента,
Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»,
институт ЭУПП
(Россия, г. Москва,
Ленинский проспект, 4)
E-mail: tt400@mail.ru

Tolstykh Tatyana Olegovna

doctor of economical sciences, professor,
sub-department of industrial management,
National University of Science
and Technology “MISIS”,
Institute of Economics
and Industrial Management
(4 Lenin avenue, Moscow, Russia)

Шмелева Надежда Васильевна

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра экономики,
Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»,
институт ЭУПП
(Россия, г. Москва,
Ленинский проспект, 4)
E-mail: nshmeleva@isis.ru

Shmeleva Nadezhda Vasilievna

candidate of economical sciences,
associate professor,
sub-department of economics,
National University of Science
and Technology “MISIS”,
Institute of Economics
and Industrial Management
(4 Lenin avenue, Moscow, Russia)

Образец цитирования:

Гамидуллаева, Л. А. Методика комплексной оценки потенциала промышленной экосистемы в контексте устойчивого развития региона / Л. А. Гамидуллаева, Т. О. Толстых, Н. В. Шмелева // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 2 (34). – С. 29–48. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-2-3.