

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

На правах рукописи

Шмелева Надежда Васильевна

**Теория и методология стратегии развития
промышленных экосистем**

Специальность 5.2.6 – Менеджмент

Диссертация на соискание ученой степени
доктора экономических наук

Научный консультант –
доктор экономических наук, профессор
Толстых Татьяна Олеговна

Москва – 2023

Оглавление

Введение	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ	15
1.1 Интеграционное сетевое взаимодействие промышленных акторов: сущность, содержание и этимология	15
1.2 Систематизация научных подходов к категории «экосистема» и ее основным элементам	40
1.3 Международный опыт формирования промышленных экосистем	50
1.4 Анализ стратегических приоритетов развития промышленности РФ	56
Выводы к главе 1	72
ГЛАВА 2. ЭКОСИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕГРАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СИМБИОЗЫ И ЭКОСИСТЕМЫ	73
2.1 Концептуальные положения и принципы функционирования многоуровневых экосистем	73
2.2 Комплексная модель ЖЦ экосистемных проектов, промышленных акторов и экосистем	85
2.3 Трансфер технологий и открытые инновации как механизм взаимодействия в экосистемных моделях	105
Выводы к главе 2	111
ГЛАВА 3. УСТОЙЧИВОСТЬ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ	112
3.1 Эволюция концепции устойчивого развития	112
3.2 Энтропийный подход к оценке устойчивости промышленных экосистем	122
3.3 Формирование системы показателей для оценки устойчивости территориальных промышленных экосистем на основе энтропии сложных систем	130
Выводы к главе 3	139

ГЛАВА 4. ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ АКТОРОВ И ПРОЕКТОВ В ЭКОСИСТЕМНОЙ КОЛЛАБОРАЦИИ	141
4.1 Разработка механизма оценки предприятий при вхождении в экосистему	141
4.2 Методические подходы к формированию промышленной экосистемы и на основе интегральной оценки потенциалов участников	155
4.3 Методика оценки портфеля проектов промышленной экосистемы с учетом стадий жизненного цикла	162
4.4 Методика оценки ресурсной эффективности промышленных экосистем, формируемых на основе симбиотических связей между акторами	173
Выводы к главе 4	186
ГЛАВА 5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ	187
5.1 Оценка устойчивого развития территорий РФ на основе экосистемного и энтропийного подходов	187
5.2 Оценка претендентов на роль акторов промышленной экосистемы «Технологии для повышения качества жизни»	199
5.3 Определение интеграционного потенциала промышленных экосистем “Kalundborg Symbiosis” и “Baltic Industrial Symbiosis”	206
5.4 Формирование портфеля проектов промышленных экосистем на основе оценки потенциалов с учетом ЖЦ проектов	217
5.5 Определение ресурсной эффективности промышленной экосистемы	221
Выводы к главе 5	225
Заключение	225
Библиографический список	227
Приложение 1 – Анализ российских сетевых моделей трансфера технологий на мезо- и макроуровнях	259
Приложение 2 – Система показателей для оценки акторов промышленной экосистемы	262
Приложение 3 – Глоссарий терминов	269

Введение

Актуальность темы исследования

Современная геополитическая ситуация с новыми вызовами и разрывами промышленно-технологических связей привела к необходимости рестарта промышленного обустройства экономического пространства и выстраивания новых технологических цепочек. В соответствии со стратегией пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года формирование макрорегионов относится к числу ключевых задач развития и достигается за счет использования потенциала межрегиональной интеграции, с эффективной специализацией и кооперацией промышленных предприятий, а также согласования приоритетов отраслевого и территориального развития стратегического планирования.

В основе новой парадигмы лежит трансформация процессов взаимодействия между экономическими агентами и построение коллаборативных связей через реализацию экосистемных моделей.

Об актуальности темы диссертационного исследования свидетельствуют следующие взаимосвязанные положения:

– Индустрия 4.0 создает рамочные институциональные условия для осуществления целесообразной деятельности экономически активных акторов. Новые проявления интеграционного взаимодействия отличаются контентом и направленностью на сотрудничество в сетевом формате, однако являются недостаточно изученными, что вызывает необходимость разработки теоретического подхода к актуализации форм, методов и инструментов эффективного взаимодействия участников промышленных экосистем.

– Формирование и развитие сетевой структуры промышленных экосистем имеет интеграционную природу и происходит в соответствии с принципом системности. Это означает, что между участниками промышленных экосистем устанавливаются связи, обеспечивающие устойчивое развитие. Данное обстоятельство обуславливает необходимость

исследования системы самонастройки и самоорганизации связей в промышленных экосистемах.

– Парадигма устойчивого развития приобретает новые особенности, связанные с постоянно возрастающей нагрузкой на природные ресурсы. В связи с этим необходимо разрабатывать инструментарий устойчивого развития для обеспечения ресурсной эффективности и сбалансированных эколого-экономических эффектов.

– Формирование промышленных экосистем позволит реализовать стратегические приоритеты развития промышленности Российской Федерации посредством построения эффективных коллаборативных связей, реализации ресурсоэффективных моделей и цифровизации бизнес-процессов.

Актуальность научной проблемы диссертационного исследования вызвана необходимостью поиска управленческих решений промышленными предприятиями для эффективной реализации целей устойчивого развития и новых подходов и приоритетов развития промышленности РФ, разработки направлений повышения ресурсной и экономической эффективности промышленных предприятий для обеспечения технологического суверенитета ключевых отраслей экономики и страны в целом.

Таким образом, исследование научной проблемы развития экосистемных взаимоотношений является актуальной, имеющей существенное народнохозяйственное значение как с точки зрения реализации государственных стратегических приоритетов, так и с позиций хозяйствующих субъектов.

Степень разработанности проблемы

Теоретическую основу исследования составили результаты научно-методической и практической школы стратегирования, функционирующей под руководством академика, иностранного члена Российской академии наук, доктора экономических наук, профессора В.Л. Квинта.

Существенный вклад в развитие теории менеджмента и интеграционных сетевых форм взаимодействия, в том числе экосистемной

трансформации, являющейся фундаментом данного исследования, внесли такие известные ученые как А. М. Адам, И. Ансофф, А. Гавер, А.Г. Гранберг, Д. Джексон, П. Друкер, Р. Каплан, Г.Б. Клейнер, В. Н. Лившиц, Дж. Коллинз, У. Лазье, Дж. Ф. Мур, М. Портер, С. Ринкинен, Ф. Тейлор, К. Уолш. В настоящее время вследствие мультидисциплинарной базы знаний в описании промышленных экосистем используется ряд похожих терминов: промышленный кластер, промышленный симбиоз, (эко)индустриальные сети, (эко) индустриальные парки. Развитие данных бизнес-моделей в контексте межотраслевых и межорганизационных отношений в различное время исследовали Р. Алмгрен, Х. Далбо, Л. А. Гамидуллаева, Ю. А. Ковальчук, Б.С. Кроссби, Н. Н. Куликова, И. В. Манаева, В. П. Мешалкин, С. Осборн, Н.В. Смородинская, М. М., Стоун, А. А. Татаркин, Т. О. Толстых, Н. М. Фоменко, А. В. Шмидт, Г. А. Ягодин.

Теоретические и методологические аспекты экономического развития на различных уровнях (макро-, мезо-, микро) изучались многими учеными, в том числе А. Г. Аганбегяном, Л. В. Канторовичем, Р. Капланом, Н. Д. Кондратьевым, В. Н. Лившицем, А. Маршаллом, В. Л. Макаровым, В. Парето, В. М. Рябовым и др. Методологические подходы исследований, раскрывающих многоаспектный характер категории «промышленная экосистема» детерминированы в работах зарубежных ученых Т. Гордона, Д. Джонсона, Ж.-Л. Лорьера, Т.В. Мэллоуна, А. Осборна, А. Саати, О. Холмера. Большой вклад в развитие теории систем и сетей внесли российские ученые Ф.Т. Алескеров, В. Н. Бурков, А.Б. Есин, В. В. Кондратьев, В.Ф. Венда, Д. А. Новиков, О. И. Ларичев, И.В. Прангишвили, И. Р. Пригожин, А. Н. Райков, В.Е. Хиценко и др. Истоки оценки ресурсной эффективности относятся к изучению теоретических и практических аспектов устойчивого развития и зеленой экономики основополагающие идеи которых отражены в исследованиях С. Н. Бобылева, Ц. Буршеля, Ц. Вухерера, В. И. Данилова-Данильяна, А. Ф. Лещинской, А. В. Мяскова, Р.А. Перелета, С.М. Попова, Д. О. Скобелева, Д. С. Хайдукова, А.Е. Череповицына и др.

Исследование особенностей и специфики ряда базовых элементов экономики замкнутого цикла, включая циркулярные бизнес-модели, проведено в работах К. Боулдинга, М. Гунгора, С. Гупты, Дж. Гудье, А. Г. Зайцева, Т. В. Гусевой, И. В. Петрова, Г.В. Пищулова, К. Рихтера, К. Хокса, М. Фляшмана, К. Юань, и др. С практической точки зрения особенности экономики замкнутого цикла изучаются фондом Элен МакАртур, эксперты которого внесли существенный вклад в развитие концепции экономики замкнутого цикла, представив, в частности, ее теоретическую модель.

Однако, несмотря на повышенный интерес к отдельным аспектам межорганизационных взаимоотношений хозяйствующих субъектов, вопросы формирования методологической базы и методического инструментария оценки устойчивости промышленных экосистем, экосистемной коллаборации и оценки экономической эффективности деятельности акторов в экосистеме остаются во многом не изученными. Это обусловило выбор темы диссертационного исследования, его цель и задачи, методы и круг рассматриваемых вопросов.

Научная проблема. В условиях геополитических кризисов, импортозависимости российской промышленности, низкого уровня коллаборации между экономическими агентами, необходимы адекватные методы, инструменты и механизмы интеграционного взаимодействия акторов для повышения их технологической и экологической эффективности.

Научная гипотеза. Авторская гипотеза состоит в предположении, что стратегии экосистемного взаимодействия промышленных предприятий позволят повысить их ресурсоэффективность и технологическую независимость.

Цель исследования. Целью диссертационного исследования является разработка теоретических и методологических положений и практических рекомендаций, раскрывающих стратегические приоритеты сбалансированного развития промышленных предприятий в рамках экосистемного взаимодействия, реализация которых обеспечит необходимый

научно-технологический и социально-экономический прорыв в промышленности. Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- провести контент-анализ терминов, отражающих содержание экосистемного взаимодействия промышленных акторов и анализ российского и международного опыта формирования промышленных экосистем. На основе проведенного анализа сформулировать принципы экосистемного взаимодействия;
- сформулировать стратегические приоритеты развития промышленных экосистем;
- предложить подходы к координации интеграционного сетевого взаимодействия многоуровневых экосистем на принципах самонастройки и самоорганизации;
- разработать методические подходы к оценке устойчивости промышленных экосистем;
- обосновать организационно-экономическую модель реализации стратегических приоритетов на основе экосистемной трансформации промышленных предприятий;
- предложить подходы к оценке ресурсной эффективности промышленных экосистем;
- провести апробацию предложенных подходов на примере хозяйствующих субъектов.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются экономические процессы формирования и организации промышленных экосистем в контексте современной парадигмы инновационного, технологического, экономического и экологического развития хозяйствующих субъектов. Предметом исследования выступают организационно-экономические и интеграционные отношения, возникающие в процессе экосистемного взаимодействия.

Область исследования. Основные положения и выводы работы соответствуют паспорту специальности 5.2.6. – «Менеджмент»: п. 4. Управление экономическими системами, принципы, формы и методы его осуществления. Теория и методология управления изменениями в экономических системах; п. 10. Проектирование систем управления организациями. Бизнес-процессы: методология построения и модели оптимизации. Сетевые модели организации. Информационно-аналитическое обеспечение управления организациями; п. 14. Стратегический менеджмент, методы и формы его осуществления. Бизнес-модели организации. Корпоративные стратегии. Стратегические ресурсы и организационные способности фирмы.

Теоретическую и методологическую основу диссертации составили общие научные методы познания: общенаучные эмпирико-теоретические методы управления, системного анализа, абстрагирования, анализа и синтеза, индукции и дедукции, аналогии, моделирования, конкретизации, исторического и логического методов исследования.

Методология системного анализа выполняет роль методологического каркаса, объединяющего все необходимые методы, исследовательские приемы, мероприятия и ресурсы для решения проблемы исследования. В рамках системного подхода использованы методы системного потенциала, предназначенные для исследования сложных систем, адаптированные для исследования процессов развития в экономической системе. Анализ собранных эмпирических данных проведен с применением пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics.

Информационную основу исследования составили базы и материалы государственной статистики Российской Федерации, официальные данные информационных агентств и международных аналитических организаций, документы стратегического характера, принятые на государственном и отраслевом уровнях, документы Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, а также материалы научных публикаций,

официальных сайтов отечественных и зарубежных организаций, электронных СМИ по исследуемой тематике, собственные исследования автора.

Основные защищаемые научные положения:

1. Теоретико-методологический подход экосистемного взаимодействия в промышленности должен отражать сущность и содержание сетевой интеграции промышленных акторов, учитывать системный, средовой и эволюционный методы исследования социально-экономических систем и служить базисом для определения стратегических приоритетов развития хозяйствующих субъектов.
2. Определение стратегических приоритетов развития промышленных экосистем должно проводиться с учетом жизненных циклов отрасли, экосистемы и акторов, обеспечивающих многовариантность сценариев их устойчивого развития.
3. Концепция формирования и развития многоуровневых (микро, мезо- и макроуровни) экосистем, раскрывающая особенности сетевых структур промышленной интеграции в условиях технологических трансформаций, позволит повысить эффективность коллаборации для всех акторов.
4. Методология стратегии развития промышленных экосистем позволяет обосновать возможности самонастройки и самоорганизации сетевых промышленных структур через оценку эффективности коллаборации, технологической и ресурсной эффективности.
5. Устойчивость промышленных экосистем целесообразно проводить с использованием энтропийного подхода на основе сбалансированности природного, человеческого и производственного капитала.
6. Организационно-экономический механизм развития промышленных экосистем, сформированный на базе авторских методических подходов к оценке потенциалов акторов и их взаимодействия на мезо- и микроуровнях, позволит обеспечить реализацию стратегических приоритетов

Научная новизна диссертационного исследования

Научная новизна исследования состоит в развитии формирующейся теории экосистем в части углубления понимания процессов создания и обмена знаниями между промышленными акторами; влияния уровня и плотности связей акторов на устойчивость экосистем, в авторской разработке методических и практических подходов к формированию и развитию экосистем. Результаты исследования, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем:

- предложен теоретико-методологический подход к обоснованию стратегических перспектив экосистемного взаимодействия в промышленности, особенность которого заключается в расширении категориального аппарата, формулировании принципов объединения акторов, во введении новых понятий (территориальная промышленная экосистема, экомегасистема). (п. 4 Паспорта специальности 5.2.6 – «Менеджмент»);
- сформулированы стратегические приоритеты развития промышленных экосистем – интеграция (сетивизация), цифровизация (цифровые эффекты) и экологизация, зависящие от типа и уровня этих систем (п. 14 Паспорта специальности 5.2.6 – «Менеджмент»);
- представлена концепция управления развитием многоуровневых (микро-, мезо- и макроуровни) экосистем, отличающаяся классификацией уровней экосистем в зависимости от формы создания добавленной стоимости (глобальные, территориальные или локальные цепочки стоимости) (п. 10 Паспорта специальности 5.2.6 – Менеджмент);
- разработаны методические основы управления развитием промышленных экосистем, отличительной особенностью которых является оценка технологического, инновационного потенциалов и управленческой зрелости акторов промышленных экосистем (п. 4. Паспорта специальности 5.2.6 – «Менеджмент»);
- предложен методический подход к оценке устойчивости территориальных

промышленных экосистем, особенностью которого является сформированная система интегральных показателей: индекс научно-технического развития, уровень качества жизни и экологический индекс (п. 14 Паспорта специальности 5.2.6 – «Менеджмент»);

– предложен подход стратегического развития потенциалов промышленных экосистем, особенность которого заключается в учете динамики, синергии и многоуровневости взаимодействия акторов (п. 14 Паспорта специальности 5.2.6 – «Менеджмент»);

– предложена организационно-экономическая модель развития промышленных экосистем, обеспечивающая акторам (через экосистемное взаимодействие) условия для накопления, распределения, обмена и оценки ресурсов (п.10 Паспорта специальности 5.2.6 – «Менеджмент»).

Теоретическая значимость работы заключается в разработке теоретико-методологических положений, раскрывающих концептуальные особенности формирования и развития промышленных экосистем, уточняющих вариативные и инвариантные характеристики промышленного комплекса как социально-экономической системы, направленных на повышение ресурсной эффективности промышленного сектора - важнейшего фундаментального концепта перехода экономического и технологического развития на новый уровень.

Практическая значимость исследования состоит в возможности использования разработанного методического аппарата, а также входящих в его состав конкретных рекомендаций по управлению промышленными предприятиями и организациями при планировании их участия в экосистемной интеграции с целью реализации стратегических приоритетов. Результаты исследования на уровне предприятий и отраслей промышленности востребованы, прежде всего, в части адаптации к работе в условиях, определяющихся новым регуляторным механизмом развития, направленным на переход промышленности России к устойчивому развитию,

к экономике замкнутого цикла, к ресурсоэффективным производственным системам.

Отдельные положения работы, содержащие в себе концептуальные положения по устойчивому развитию, экосистемному взаимодействию, ресурсной эффективности используются в учебном процессе. Для магистерской программы «Технологическое лидерство и системный инжиниринг» были разработаны следующие авторские курсы: «Управление изменениями и стратегирование устойчивого развития», «Формирование промышленной стратегии повышения ресурсной эффективности» , «Бизнес-инжиниринговое стратегирование организационного дизайна», «Кластерная политика в инновационном развитии России и зарубежных стран».

Результаты исследования на федеральном уровне возможно применять в стратегических документах экономического развития в части обеспечения устойчивого функционирования промышленности и ее экологизации, в предложениях по совершенствованию нормативно-законодательной базы, обеспечивающей реализацию Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года.

Достоверность и обоснованность исследований, положений, выводов и рекомендаций обеспечивается применением современных базовых принципов экономического развития промышленных экосистем, теории устойчивого развития, экономико-математических методов исследования, проведенной проверкой обоснованности основных защищаемых научных положений и рекомендаций, базирующихся на современных методах исследования и их достоверности. Предложенные прикладные и теоретические выводы по диссертационной работе прошли экспертную оценку отечественных и зарубежных ученых, были неоднократно доложены и обсуждены на международных и всероссийских научных конференциях и внедрены в практику.

Апробация полученных в исследовании результатов

Основные результаты диссертационного исследования были доложены на международных и всероссийских научно-практических конференциях:

VI Международная научно-практическая конференции «Теория и практика стратегирования» (Москва, 2023); «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения (Апатиты, 2022); «Теория и практика стратегирования» (Москва, 2022); «Концепция и программно-проектный инструментальный устойчивого социально-экономического развития территориальных систем» (S-TERRA), (Пенза, 2021 г.); «Горно-металлургический Университариум Стратега» (Москва, 2021); «Проблемы и перспективы развития промышленности России» (Москва, 2021 и 2023 гг.); «Стратегическое управление развитием социально-экономических систем: теория, практика» (Воронеж, 2021 и 2023); «International scientific forum on sustainable development of socio-economic systems (WFSDS)» (Екатеринбург, 2021); «Социально-экономическое развитие России: проблемы, тенденции, перспективы» (Курск, 2020); «Наука сегодня: вызовы и решения» (Вологда 2020); «Digital economy and knowledge management (RuDECK): Advanced in Economics, Business and Management» (Воронеж, 2020); «Education Excellence and Innovation Management: A 2025 Vision to Sustain Economic Development during Global Challenges» (Seville, Spain, 2020); «Sustainable Economic Development and Advancing Education Excellence in the Era of Global Pandemic (IBIMA)», (Ganada, Spain, 2020); «METAL - International Conference on Metallurgy and Materials», (Brno, Czech Republic, 2019); «Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM» (Varna, Bulgaria, 2019); «Экономика отраслевых рынков: формирование, практика и развитие» (Москва, 2020, 2019 и 2018 гг.); «Information innovative technologies» (Прага, 2018); «Международный конгресс молодых ученых по проблемам устойчивого развития» (Москва, 2018).

Отдельные научные результаты настоящей диссертационной работы приняты в качестве рекомендаций научно-исследовательским институтом «Центр экологической промышленной политики» (ФГАУ «НИИ «ЦЭПП» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации).

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования изложены в 54 опубликованных научных работах, из них 1 монография; 25 статей в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных, индексируемые в системе Scopus и WoS (в том числе 13 статей Q1 и Q2); 11 статей в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, и 17 статей в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, включающих 19 параграфов, заключения, списка источников и литературы (265 наименований) и приложений. Работа изложена на 271 странице, содержит 48 таблиц, 34 рисунка, 3 приложения.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

1.1 Интеграционное сетевое взаимодействие промышленных акторов: сущность, содержание и этимология

Значительное ускорение и усложнение экономических процессов определили появление сетевых форм взаимодействия между экономическими субъектами, развитие которых привело к трансформации структуры экономики: сети становятся наиболее продуктивными и перспективными формами взаимодействия хозяйствующих субъектов. Преимущества сетевых форм организации экономических взаимодействий проявляются во взаимной заинтересованности специализированных экономических единиц друг в друге (коллективное создание ценности для всех вовлеченных сторон,

распределение ресурсов и эффектов), при этом объединяются два противоположных принципа – конкуренция и кооперация.

По мнению К. Келли: «Символом науки для следующего столетия является динамическая сеть ... Единственная организация, способная к не обремененному предвзвешенным ростом или самостоятельному обучению, есть сеть» [42]. Появление сетевых организаций связано с развитием как информационно-коммуникационных технологий, так и организационных структур управления. Сети являются гибкими структурами, элементы которой могут самостоятельно координировать свои действия и находить новых партнеров. Одной из первых работ, в которых рассмотрены устойчивое сетевое взаимодействие компаний и связанные с ним сетевые экстерналии, является работа А. Маршалла. «Устойчивые сетевые взаимодействия экономических агентов, расположенных с непосредственной близости друг к другу и осуществляющих совместную деятельность, получают положительные экстерналии» [201]. Среди названных им положительных эффектов были ускоренный обмен важной информацией, доступ к специализированным поставщикам продуктов и услуг, к квалифицированной рабочей силе. «Формирование сети как способ достижения экономии издержек и связанное с этим обоснование выбора сети как предпочтительной альтернативы» даны в работах (Fisher; Koller, Langmann) [168,191]. Сумма транзакционных и производственных издержек при сетевом взаимодействии не должна быть выше, чем издержки иерархической формы организации.

В условиях высокой турбулентности среды «конкурентные преимущества фирм могут быть основаны на коллаборации с использованием общих ресурсов, знаний, сетевых эффектов, институциональных условий» [106,157]. В работе Дятлова С.А. отмечается, что «вертикально-горизонтально-сетевая интеграция компаний в условиях глобальной информационно-инновационной экономики позволяет интегрировать инновационные идеи, разрабатывать технологии и ресурсы

для создания и реализации инновационных товаров и услуг и, как следствие, получать различные рыночные и сетевые выгоды и эффекты, которые не могут быть получены каждым участником самостоятельно, если они будут функционировать в одиночку» [24]. Авторы работы «Методология исследования сетевых форм организации бизнеса» отмечают, что «сети формальных и неформальных отношений лежат в основе экономических действий, позволяя опираться на постепенно развиваемое доверие, обмен информацией, разрешение конфликтных ситуаций в соответствии с выработанными нормами и правилами» [119].

Дж. Липнек и Дж. Стэмпис определили сеть как «систему формальных и неформальных контрактов, обслуживающих устойчивые взаимоотношения организаций, которые являются формально независимыми, но объединяют свои ресурсы для снижения издержек и рисков и для формирования дополнительных компетенций, требующихся для создания ценности и реализации совместных целей участников» [197]. Ключевыми предпосылками устойчивости соответствующей организационной модели выступают зависимость отдельно взятого участника сети от ресурсов, контролируемых другими участниками, и возможность комбинирования ресурсов с целью достижения синергетического эффекта. В соответствии с определением, данным М. Кастельсом, под сетевой структурой следует понимать комплекс взаимосвязанных узлов [33]. Евин Е. А. в своей работе «Теория сложных сетей как новая научная парадигма» также исследует сложные сети с позиции узлов и количества связей. «Во многих реальных сетях небольшое число узлов содержит очень большое число связей (хабы, hub-концентратор), а огромное число узлов содержит лишь несколько связей» [25]. Такие сети получили название безмасштабных сетей (scale free networks).

В диссертации была предпринята попытка систематизировать исследования российских и зарубежных ученых в области сетевых структур как формы интеграционного взаимодействия. Полученные результаты, а

также анализ принципов формирования и развития сетевых структур представлены на рисунке 1.1. Вариативность форм межорганизационного взаимодействия предполагает использование различных инструментов установления интеграционных связей. Начальным этапом взаимодействия можно определить координацию. На данном этапе предприятия одной отрасли взаимодействуют в виде отраслевых союзов и ассоциаций, обеспечивая регулирование деятельности в отрасли с позиции представления индивидуальных интересов, сохраняя при этом стратегическую независимость.



Рисунок 1.1 - Сетевая форма интеграционного взаимодействия

Источник: составлено автором на основе публикаций
[25,134,155,174, 204,205,219].

Следующий этап развития сотрудничества – интеграция, когда формируется механизм взаимодействия предприятий, позволяющий

сохранить независимость, но при этом взаимодействовать для достижения общей цели. То есть, в отличие от предыдущего этапа, у объединения предприятий есть единая цель. К такому сотрудничеству можно отнести партнерство и различные альянсы в рамках одной отрасли. К интеграции также можно отнести и промышленные сети, когда рыночный механизм взаимоотношений заменяется внутривозвратными операциями. Этот этап характерен высокой конкуренцией за ограниченные ресурсы и нехваткой средств на поиск новых идей. Объединение предприятий в рамках интеграции в большей степени является вынужденным, а не добровольным решением.

Этап кооперации – это форма сотрудничества двух или более предприятий с одной или разных отраслей и территорий, когда каждое предприятие, сохраняя свои границы и интересы, выполняет обязательства в рамках сотрудничества для достижения общего результата. Этот этап межорганизационного взаимодействия характерен для формирования кластеров, технополисов и технопарков. Связь предприятий на этом этапе, как правило, основана на принадлежности к территории или отрасли. Предприятия объединяются технологически с целью региональной или отраслевой стратегии инновационного развития. Как правило, инициация объединения на данном этапе является инициативой не самих предприятий, а решением в рамках стратегического управления региона или отрасли. Но при этом в межорганизационном взаимодействии начинают играть роль факторы доверия и личных связей.

Высшим проявлением сотрудничества предприятий по мнению автора является этап коллаборации. Коллаборацию можно определить как новую интерактивную форму кооперации в глобальной среде экономики знаний для получения продуктовых и процессных инноваций. «При коллаборации партнеры, имеющие различные мнения относительно одной и той же проблемы, могут конструктивно подходить к разногласиям и находить решения, которые выходят за рамки индивидуального видения каждого

партнера» [218]. Акторы коллаборации добровольно, на принципах доверия, совместно разделяют контроль и ответственность, распределяют финансовые риски, согласовывают интересы и действия, что позволяет создать синергетический эффект. К переходу от кооперации к коллаборации относятся такие объединения предприятий как промышленные симбиозы и экосистемы. Для промышленных предприятий можно выделить три типа интеграции:

- первый, «молодой» (индустриальные парки) - тип промышленной интеграции предприятий, объединенных в единую цепочку создания добавленной стоимости;
- второй, «комбинированный» (промышленный симбиоз) - тип промышленной интеграции предприятий с признаками циркулярности;
- третий, «зрелый» (экосистемный симбиоз), тип промышленной интеграции предприятий, характеризующейся как циркулярностью ресурсов, так и обменом инновационными технологиями и знаниями.

Обобщая вышеизложенное, эволюцию форм интеграции промышленных предприятий, можно представить в виде рисунка 1.2.



Рисунок 1.2 – Типы интеграции промышленных предприятий
Источник: составлено автором

В настоящее время «сетевое взаимодействие является доминирующей формой интеграции, имеющим тотальный охват. При этом, бесспорные преимущества сетей, позволяют прогнозировать дальнейшее распространение этой формы интеграционного взаимодействия» [98].

Сетевые структуры, принимающие различные организационные формы, широко используются в практике бизнеса: промышленные комплексы, кластеры, индустриальные сети, технопарки, сети центров трансфера технологий, промышленные симбиозы, экосистемы и др. Каждая из этих моделей имеет свои преимущества и ограничения и требует уточнения некоторых понятий.

Промышленные комплексы

В зависимости от уровня рассмотрения и обобщения в экономической науке и практике применяются три основных подхода к пониманию и определению промышленного комплекса. На макроуровне «промышленный комплекс преимущественно рассматривается как совокупность групп отраслей, секторов и видов производственно-экономической деятельности, для которых характерен выпуск родственной по своему функциональному назначению продукции или выполнение схожих по содержанию работ и услуг» [46]. Данный подход к пониманию промышленного комплекса следует из логики классического трехуровневого представления иерархии рынка: первый уровень - предприятие; второй уровень – отрасль; третий уровень – комплекс. Примером промышленного комплекса макроуровня могут выступить оборонно-промышленный, машиностроительный, аграрно-промышленный, металлургический и другие комплексы.

На мезоуровне «промышленный комплекс понимается как совокупность производственных предприятий и организаций, расположенных в пределах определенной административной или территориальной единицы» [57]. На микроуровне «промышленный комплекс часто представляется как крупное индустриальное предприятие (или группа интегрированных предприятий), характеризующее высоким технологическим

уровнем производства, развитой инфраструктурой и значительными масштабами экономической деятельности» [72]. В числе важных аспектов промышленных комплексов могут быть выделены следующие.

1. «Промышленные комплексы являются крупными индустриальными структурами, которые играют заметную роль в развитии отрасли на федеральном, региональном или муниципальном уровне, отличаются высокими объемами производства и занятости персонала» [46]. Например, в Москве 61 компания имеет статус промышленного комплекса, в том числе «Центральный институт авиационного моторостроения имени Баранова», «Медицинский научно-производственный комплекс «Биотики»», ОАО «НПО «ГИДРОМАШ». Общая площадь земельных участков предприятий, получивших статусы, составляет порядка 590,8 га, а количество рабочих мест – более 130 тыс. человек. Общее снижение налоговой нагрузки для промышленных комплексов составляет от 17% до 25 %.

2. Промышленные комплексы осуществляют широкомасштабный выпуск относительно стандартизированной продукции путем глубокой переработки исходного сырья. В то же время они обладают «совокупностью многофункциональных и разнопрофильных активов, которые позволяют им не только выполнять широкий спектр производственных задач, но и самостоятельно проводить прикладные научные исследования, осуществлять проектно-конструкторские разработки и опытно-экспериментальную деятельность, направленную на создание новых продуктов и технологий, а также внедрение инноваций и результатов интеллектуального труда в процесс создания и распределения добавленной стоимости без активного использования аутсорсинга и привлечения подрядных организаций» [56].

3. Промышленные комплексы являются «точками роста и ключевыми формами развития промышленности, во многом определяющими направления структурных преобразований и научно-технологической трансформации» [72]. По мнению автора, интегрированные звенья промышленности представляют собой индустриальные и административно-

хозяйственные структуры, образованные множеством субъектов экономических отношений или имеющие в своем составе значительное число юридически (хозяйственно) обособленных организаций, которые объединены решением общих рыночных, производственных, научных, финансовых и управленческих задач. «Промышленный комплекс, имеющий сетевую структуру — это сложная открытая система, сформированная в результате интеграционных процессов» [56]. Следствием интеграционного взаимодействия оказывается достижение синергетического эффекта.

Кластеры

В мировой практике промышленной политики широкое распространение получила кластерная концепция. Развитые кластеры стали эффективным инструментом привлечения иностранных инвестиций, интеграции национальных производителей в мировой рынок высокотехнологичной продукции. Феномен географической концентрации предприятий одной отрасли широко исследовался экономистами, начиная с конца XIX в. Одним из первых стал А. Маршалл. Он ввел понятие промышленного района, где люди, проживающие на определенной территории и обладающие некими общими трудовыми навыками, объединяются в замкнутые промышленные образования. Портер предложил следующее определение, ставшее классическим: «кластер — это сконцентрированные по географическому признаку группы взаимосвязанных компаний, специализированных поставщиков, поставщиков услуг, фирм в соответствующих отраслях, а также связанных с их деятельностью организаций в определенных областях, конкурирующих, но вместе с тем ведущих совместную работу» [217]. Андерсен полагает, что «кластеризация в общем виде определяется как процесс совместного расположения фирм и других действующих лиц внутри концентрированной географической области, кооперации вокруг определенной функциональной ниши и установления тесных взаимосвязей и рабочих альянсов для усиления их коллективной конкурентоспособности» [139].

В современном, комплексном определении кластеры оценивают через призму теории инноваций – «кластер как инкубатор предпринимательства», «инструмент технологических изменений», «особая модель производственных агломераций», «особый класс инновационных проектов» [98]. В соответствии с агломерационной теорией «кластеры представляют собой сетевой альянс фирм и связанных с ними организаций, вступающих в интерактивную кооперацию на различных стадиях стоимостной цепочки». Таким образом, кластеры становятся территориальными сетевыми узлами глобальных цепочек. «С одной стороны, глобальные цепочки горизонтально пронизывают сектора и страны, обеспечивая растущую диверсификацию мировой экономики, с другой – образуют на различных территориях локальные кластерные узлы, где идет углубление ее специализации. Эти узлы обеспечивают динамичное взаимодействие локальных и глобальных ресурсных потоков» [99].

Федеральным законом «О промышленной политике в Российской Федерации» было установлено определение промышленного кластера, выделены основные признаки (рисунок 1.3), а также предложены меры стимулирования деятельности в сфере промышленности [252].



Рисунок 1.3 - Основные признаки промышленного кластера

Источник: Отраслевой обзор промышленных кластеров России

Под промышленным кластером понимается «совокупность предприятий, осуществляющих деятельность в сфере промышленности, связанных отношениями территориальной близости и функциональной зависимости и размещенных на территории одного или нескольких регионов России».

Проанализировав и обобщив различные подходы к типологии кластеров, можно выделить основные типы и признаки (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Классификации кластеров на основе источников

Классификационный признак	Выделенные типы кластеров
По масштабу	Микрокластер; мезокластер; макрокластер.
По стадиям развития (уровень зрелости)	«Прекластер», или агломерат Зарождающийся кластер Развивающийся кластер Зрелый кластер Трансформирующийся кластер
По структуре взаимосвязей	Образованные в результате оптимизации эффективности. Основанные на связности рынков. Основанные на разделе производственных процессов. Основанные на общих технологиях и продуктовой линейке. Основанные на системных взаимосвязях. Основанные на контроле над сбытом (дистрибуции). Основанные на уникальных свойствах компаний
По отраслевой принадлежности	Добывающие кластеры Обрабатывающие кластеры Кластеры услуг
По степени инновационности	Зависимый или усеченный кластер Индустриальный кластер Инновационно-индустриальный кластер Проинновационный кластер Инновационно-ориентированный кластер
По уровню агрегации участников кластера	Кластеры с регионально ограниченной формой экономической деятельности внутри родственных секторов. Кластеры с вертикальными производственными связями в узких сферах деятельности. Отраслевые кластеры в различных видах производства с высоким уровнем агрегации.

Источник: составлено автором на основе [1,23, 140,145,162,167,212,221].

В 2022 г. в реестр промышленных кластеров Министерства промышленности и торговли РФ, включено 50 промышленных кластеров из 37 регионов России, том числе Инженерно-производственный кластер "Биомед"; «Композиты без границ»; Лесопромышленный кластер Республики Коми; Кластер производителей нефтегазового и химического оборудования Воронежской области; агробιοтехнологический промышленный кластер Омской области.

Кластерная организация придает кластерной группе институциональную структуру, обеспечивает платформу для выстраивания сетевых связей и формирует систему самоуправления кластерным проектом.

В работе А. Г. Боева [10] предложена классификация «наиболее распространенных и обоснованных видов интегрированных звеньев промышленности с указанием в ней позиций промышленного комплекса, кластера и парка» (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 - Классификация интегрированных структур промышленности на микро- и мезоуровнях

Источник: составлено автором на основе [10]

Промышленные технопарки и экоиндустриальные парки

История промышленных технопарков берет свое начало в США в Стэнфордском университете. «Профессор Фредерик Терман предложил руководству сдать землю в долгосрочную аренду в качестве офисного парка. Так появился первый в США технопарк – Стэнфордский индустриальный парк» [226]. В 70-х технопарки стали появляться и в Европе. «К привычным тогда технопаркам прибавилась функция инкубатора технологического бизнеса (производственные помещения, в которых инновационные компании могли разместить свое производство)» [222]. Одно из наиболее часто используемых определений анализируемому термину дала Международная ассоциация технопарков в 2002 году: «Технологический парк — это организация, управляемая специалистами, главной целью которых является увеличение благосостояния местного сообщества посредством продвижения инновационной культуры, а также состоятельности инновационного бизнеса и научных организаций. Для достижения этих целей технопарк стимулирует и управляет потоками знаний и технологий между университетами, научно-исследовательскими институтами, компаниями и рынками. Он упрощает создание и рост инновационным компаниям с помощью инкубационных процессов и процессов вывода новых компаний из существующих» [222].

В российских нормативных актах содержится следующее определение «технопарк – это совокупность объектов недвижимости, созданных для ведения малого и среднего бизнеса в сфере высоких технологий, которая управляется единой управляющей компанией и может включать в себя земельные участки, офисные здания, лабораторные и производственные помещения, объекты инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры» [258]. Ключевой функцией технопарка является концентрация небольших инновационных компаний в едином комплексе недвижимости. В такой ситуации может достигаться синергия за счет размещения оборудования коллективного пользования, центров сертификации, инжиниринга, прототипирования, поддержки экспорта и

других элементов, интересных для различных резидентов. Кроме того, важным фактором является сама атмосфера технопарка, активное общение его резидентов, даже не имеющих прямых кооперационных связей между собой. Ключевые требования к строительству и размещению технопарков содержатся в Национальном стандарте. В частности, речь идет о размерах технопарка: «его общая площадь должна быть не меньше 5 тыс. кв. м. Также технопарк должен иметь обособленную территорию не менее 3,5 га» [250]. Объектами технологической инфраструктуры промышленных технопарков могут быть [259] :

- бизнес-инкубатор или технологический инкубатор;
- инжиниринговый центр и лаборатория;
- центр коллективного пользования научным оборудованием;
- центр коллективного пользования опытно-промышленным оборудованием;
- инновационно-технологический центр (центр трансфера технологий);
- центр прототипирования;
- центр обработки данных.

В 2022 году в России, по данным Ассоциации кластеров и технопарков, насчитывалось 183 технопарка, в том числе 66 промышленных технопарков.

Основные задачи промышленных технопарков:

1. организация поточного воспроизводства инновационных бизнес-компаний;
2. обеспечение максимально комфортных условий;
3. экономическая и финансовая поддержка.

Понятие экоиндустриальных парков (ЭИП) впервые появилось на Конференции ООН по развитию и окружающей среде в 1992 году в Рио-де-Жанейро. Уже в 2016 году насчитывалось более 250 работающих или проектируемых ЭИП [238]. Агентство по охране окружающей среды США (EPA) приводит следующее определение индустриального парка – это 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. По сравнению с промышленными технопарками, в экоиндустриальных парках синергетический эффект выражается не только в экономических показателях, но также в сокращении негативного воздействия на окружающую среду и росте качества жизни локального сообщества. По определению UNIDO, «экоиндустриальные парки – расположенные на одной территории производственные и сервисные компании, достигающие устойчивого развития за счет сотрудничества в управлении ресурсами и воздействием на окружающую среду» [240].

Содействие развитию экоиндустриальных парков происходит как на локальном, так и на глобальном уровнях. Так, в рамках программы ООН по ресурсоэффективной и чистой продукции с 2012 по 2020 год появилось 33 экоиндустриальных парка в 12 странах. Помощь заключалась в выявлении приоритетных направлений развития парков, составлении нормативных и стратегических документов, распространении информации и обучении ключевых стейкхолдеров, обмену знаниями о ресурсоэффективных технологиях и эффективных моделях управления парками. Политику по стимулированию создания экоиндустриальных парков (или преобразованию промышленных технопарков в экоиндустриальные) проводят также отдельные страны, например Китай и Корея [215].

В свою очередь, экоиндустриальная сеть - понятие более широкое, чем понятие экоиндустриальных парков. «Сеть может включать не только постоянные связи в рамках циркулирования материальных потоков, но и спорадическое взаимодействие, а также связи вокруг обмена знаниями» [158]. В международных организациях ЮНИДО, ЕС и ряде других реализуются инициативы по интеграции промышленных 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 [166].

Промышленный симбиоз

Первые отношения по межфирменному обмену ресурсами появились еще в 1970-х годах. Промышленный симбиоз (Industrial symbiosis) – понятие, пришедшее из области индустриальной экологии, и трактуется как «совокупность межфирменных отношений, в которых отходы одних предприятий становятся ресурсами или энергией для другого предприятия» [246]. Промышленный симбиоз часто описывают как модель устойчивого развития и инструмент циркулярной экономики. Промышленная экология имеет некоторые специализированные инструменты и методики, которые можно использовать в рамках промышленного симбиоза. «Сеть физических процессов и взаимоотношений между компаниями, которая позволяет превращать сырье и энергию в готовые продукты и отходы, известна как «промышленный метаболизм». «Промышленный метаболизм так же, как и биологические системы основан на использовании побочных продуктов, в результате которого формируются замкнутые циклические системы, производящие минимальные отходы и потребляющие меньше природных ресурсов и энергии» [154] .

Промышленный симбиоз «вовлекает традиционно отдельные отрасли в коллективный подход к созданию конкурентных преимуществ, включая физический обмен материалами, энергией, водой, и/или побочными продуктами» [231]. Существует несколько классификаций симбиозов по следующим признакам [149,152]:

- по уровню взаимодействия: мезо-, микро-, макроуровень;
- по типам перемещения ресурсов: внутриорганизационная циркуляция ресурсов (когда отходы повторно используются в рамках одного предприятия), внешний обмен ресурсами между промышленными компаниями (на основе партнерских отношений) и реализация остатков или отходов производства на рынке (как сырье для последующей переработки или использования);
- по виду циркулирующих ресурсов: энергия, вода, остаточные материалы.

Лидером в области практической реализации модели промышленного симбиоза является британская компания International Synergies, которая в 2005 году разработала программу NISP (National Industrial Symbiosis Programme) [210]. «За десять лет к программе присоединилось более 15 000 компаний. Общий объем их совместных продаж превысил 1,7 млрд евро, расходы сократились более чем на 1,2 млрд евро, выбросы парниковых газов – на 39 млн т, а количество переработанных составило 45 млн т. В 2011 г. Организация Экономического Сотрудничества и Развития назвала предложенный программой промышленный симбиоз «системной инновацией, жизненно важной для будущего зеленого роста». На основании британского опыта International Synergies скорректировала программу, и теперь NISP может быть реализована в любой стране мира» (таблица 1.2).

В основу всех проектов International Synergies положена модель государственно-частного партнерства, где государство инвестирует, а частный сектор стимулирует вовлечение компаний. Промышленный симбиоз дает возможность получить большие экономические, экологические и социальные преимущества.

Таблица 1.2 - Промышленные симбиозы по континентам

<i>Европа</i>	<i>Северная и Южная Америка</i>	<i>Азия</i>
<ul style="list-style-type: none"> -NISP (Великобритания) -Сеть ПС Händelö (Швеция) -Harjavalta промышленный эко-центр (Финляндия) -Калундборг (Дания) -Kaiserbaracke промышленный парк (Бельгия) -Rotterdam Harbor INES (Нидерланды) -Химический промышленный парк Knapsack (Германия) -Deux Synthe промышленный парк (Франция) 	<ul style="list-style-type: none"> - Кейстоунский промышленный портальный комплекс (США). -Продовольственный центр Intervale (США). -Guayama Industrial (Пуэрто-Рико). -Norte Fluminense (Бразилия). -Natura эко-промышленный парк (Бразилия). -Альтамира- Тампико промышленный коридор (Мексика). 	<ul style="list-style-type: none"> - Ulsan эко промышленный парк (Корея) - Lubei национальный эко-промышленный парк (Китай) - Suzhou промышленный парк (Китай) - Nanjangud промышленная зона (Индия) - Vatva промышленный парк (Индия) - Эко-город Kawasaki (Япония)

Источник: составлено на основе [210]

Рассмотрим наиболее успешный мировой опыт функционирования промышленных симбиозов.

Промышленный симбиоз Калуннборг - энергетическая симбиотическая цепочка (рисунок 1.5). «Основным участником симбиоза является электростанция Аснес (Asnæsværket), имеющая избыточные мощности пара в рамках производства электроэнергии. Аснес транспортирует пар другим промышленным предприятиям Калуннборга. На нефтеперерабатывающем заводе Statoil данный ресурс используется для нагрева сырого масла. Предприятия Novozymes и Novo Nordisk используют пар для очистки и стерилизации» [188]. Со временем этот ресурс для промышленного симбиоза в Калуннборге стал основным продуктом, а электричество – побочным. Этот пример доказывает, что промышленные симбиозы со временем могут продвигать новые бизнес-модели.

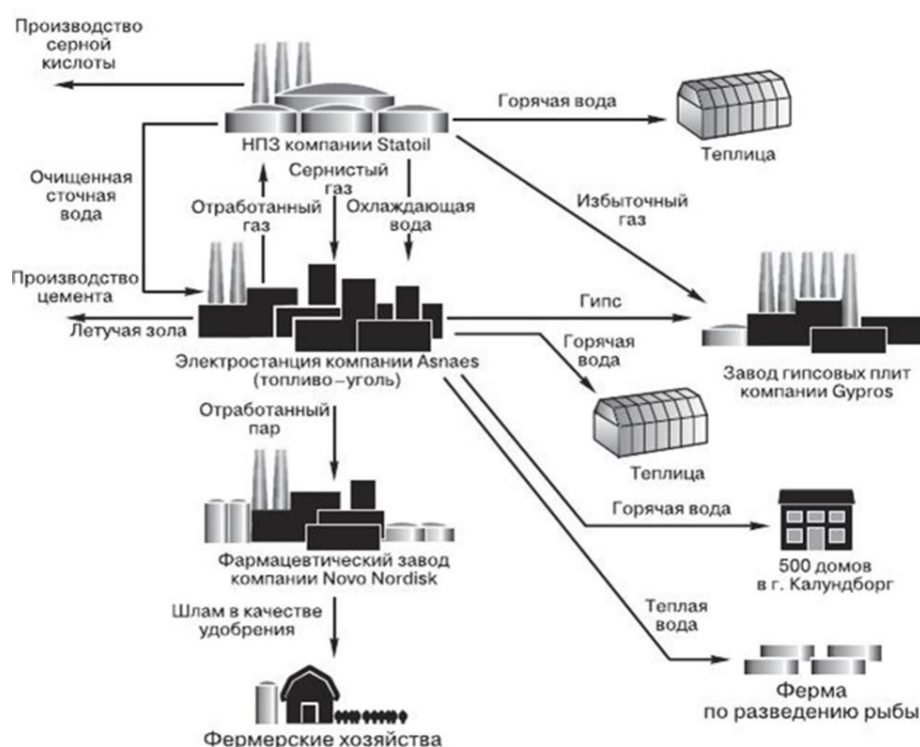


Рисунок 1.5 - Схема материальных и энергетических потоков между предприятиями в промышленном симбиозе Калуннборг

Источник: [188]

В Финляндии успешно запущена «платформа промышленного симбиоза- биоциркулярная экономика (ECO3), созданная в районе эко-

промышленного парка в финском регионе Пирканмаа, вокруг городов Ноккиа и Тампере. Подготовительные исследования и этапы создания платформы были начаты в 2013–2014 годах. В 2022 г. сеть промышленного симбиоза включает 25 партнерских организаций из различных отраслей, которые обеспечивают циркулярность производственных и энергетических ресурсов» (рисунок 1.6). В состав ЕСОЗ вошли несколько университетов и исследовательских центров в городе Тампере и его окрестностях. ЕСОЗ работает в рамках стратегии циркулярной экономики, и в отличие от многих других сетевых образований строится не вокруг одного или двух крупных игроков, а состоит из множества мелких игроков и, таким образом, формируя промышленную симбиотическую сеть.

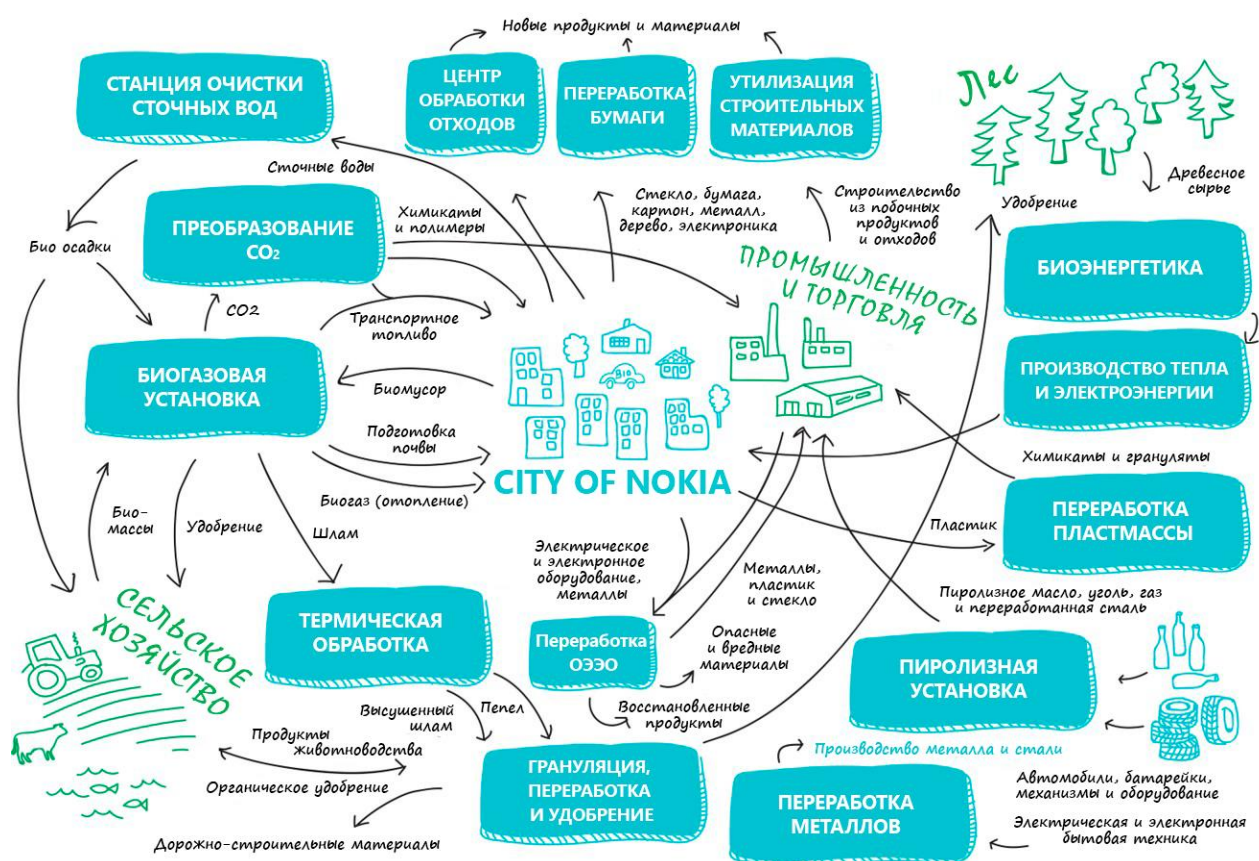


Рисунок 1.6 - Промышленный симбиоз в городе NOKIA, платформа ЕСОЗ

Источник: <http://edutampere.skillscenter.ru/is-in-finland-eco3-platform> [80].

Сеть промышленного симбиоза Sotenäs, Швеция. Основные участники симбиоза:

- Производители морепродуктов
- Аквакультура (выращивание лосося)
- Заводы по производству биогаза
- Производство водорослей
- Удаление морского мусора/переработка
- Завод по очистке сточных вод (WWTP).

«В результате деятельности Sotenäs снижается нагрузка на окружающую среду, так как ежегодно объем выброса парниковых газов уменьшается на 60 000 тонн CO₂-экв, и 390 тонн PO₄-экв. Кроме того, экономия на транспортировке отходов по сравнению с базовой моделью составляет 164 шв. крон, а общая экономия около 10% от ВВП Sotenäs» [231].

В России первый опыт применения модели промышленного симбиоза реализован в 2013 г. «Евразхолдингом» и "Руда Хакасии" в Кемеровской области и республике Хакасии. Республика поставляет свою руду на обогатительную фабрику, а затем сырье транспортируется в Новокузнецк. «Производительность фабрики полностью покрывает потребности хакасских предприятий. Этот проект стал примером эффективного взаимодействия двух регионов по спасению градообразующих предприятий, а республика имеет теперь полный производственный цикл по добыче и обогащению железной руды» [231].

Проект Baltic Industrial Symbiosis (BIS) – «Балтийский промышленный симбиоз» был инициирован в рамках программы Interreg Baltic Sea Region 2014–2020). «Программа объединила страны Европейского союза, Норвегию и Россию, чтобы развивать инновационный, транспортный и экологический потенциал Балтийского региона» [183]. Проект «Балтийский промышленный симбиоз» популяризирует промышленный симбиоз, концепцию устойчивого регионального развития, в регионе Балтийского моря. Промышленный

симбиоз ставит своей целью соединение компаний различной направленности для использования отходов одной, например, избыточная энергия, ингредиенты или материалы, в качестве ресурса для другой. Проект предусматривает практический обмен (peer-to-peer exchange) для менеджеров промышленного симбиоза. Он развивает новые бизнесы и финансовые модели и учреждает Совет по промышленному симбиозу в качестве платформы для диалога и обмена опытом.

«Проект предусматривает работу по трём основным направлениям:

- ✓ акселерация развития симбиотического бизнеса.
- ✓ формирование потенциала для развития промышленных симбиозов.
- ✓ законодательство в области промышленного симбиоза.

Промышленный симбиоз объединяет различные организации в сети, чтобы способствовать эко-инновациям» [183]. Модель промышленного симбиоза позволяет гармонично выстраивать отношения между бизнесом, обществом, властью и отдельными людьми, синхронизируя потребности и возможности друг друга.

Промышленная экосистема

Впервые промышленные экосистемы стали рассматриваться в контексте промышленной экологии. Frosch R., Gallopoulos N. «определяют промышленную экосистему как модель промышленной деятельности, в которой отдельные производственные процессы потребляют сырье и генерируют продукцию, подлежащую продаже, и отходы, подлежащие переработке» [170]. Korhonen J. полагает, что «промышленная экосистема – это модель промышленной деятельности, представляющей собой локализованные социально-экономические формации, обеспечивающие устойчивое развитие посредством рециркуляции входных и выходных ресурсов» [192,193]. В трактовке Клейнера Б.Г. «промышленные экосистемы – это локализованные социально-экономические формации, обеспечивающие устойчивое развитие посредством циркуляции ресурсов в целевой, экологической, технологической и проектной подсистемах» [44].

Другой подход описан в трудах Wareham J., Fox P. B. [242]. Авторы определяют «промышленные экосистемы как сложные системы экономических акторов, действующих на основе единой платформы, отличающихся своими видами деятельности и особенностями функционирования, целью которых является создание на базе принципа эмерджентности промышленной продукции и/или услуг». «Промышленные экосистемы – это совокупность взаимодействующих экономических субъектов, не управляющихся иерархически и адаптирующихся друг к другу на основе профессиональных коммуникационных площадок, созданных промышленным архитектором» [77]. «Набор компонентов, созданных владельцем продуктовой платформы, и инноваций, разрабатываемых независимыми акторами вне платформы» [242]. Проскурнин С. Д. считает, что «промышленная экосистема является самоорганизующейся, саморегулирующей и саморазвивающейся открытой системой, характеризующейся входными потоками идей, стоимости, людей, информации, ресурсов» [82]. Но из данного определения не совсем ясна цель самоорганизации акторов.

По результатам проведенного исследования сформировано пять теоретических направлений по промышленным экосистемам, которые представлены в таблице 1.3. Основным критерием является исходная теория, но также дополнительно рассмотрены ключевые концепции, роли акторов и типы связей между ними. Промышленная экосистема — это открытая внешним вызовам самоорганизующаяся система, включающая в себя некоторое множество акторов и особую интеллектуальную среду, формируемую посредством связей между акторами. Объединение акторов происходит на условиях сетевого партнерства и когнитивности как основного механизма достижения стратегических целей акторами.

Таблица 1.3 - Подходы к определению и содержанию термина «промышленная экосистема»

Критерии	Промышленная экология	Бизнес-подход	Платформенный подход	Сетевой подход
Теория	Промышленные экосистемы	Межфирменное взаимодействие	Цифровое лидерство	Теория сложных систем и сетей
Ключевые концепции	Устойчивое развитие, симбиоз	Интеграция, открытые инновации	Устойчивость, уязвимость и эмерджентность. Двухсторонняя платформа	Безмасштабные сети. Синергетические системы
Методология	Моделирование, формирование ССП, энтропия	Кейсы, исследования, статистические тесты, Дельфи	Математическое моделирование, статистические тесты, анализ иерархий, кейсы	Анализ неравновесных и нелинейных явлений. Энтропия объединения.
Основные акторы	Владельцы первичных ресурсов, промышленные предприятия, потребители вторичных ресурсов	Частные компании	Пользователи платформы, частные компании, стартапы и сервисы	Государственные органы, университеты, организации, центры трансфера технологий, инвесторы и др.
Связи между акторами	Материальные, энергетические и финансовые потоки	Финансовые и энергетические потоки, дополнительные товары и услуги, договора.	Обмен инновациями, технологиями.	Обмен всеми видами ресурсов, и знаниями.
Количество публикаций в Scopus	26/90 (28,9%)	27/90 (30,0%)	11/90 (12,2%)	23/90 (25,6%)

Источник: составлено автором на основе [236].

Экосистема – это саморазвивающаяся система, функционирующая на основе трансграничного взаимодействия бизнеса, промышленности, научного сообщества, государства через обмен энергией, в качестве которой выступают новые знания, технологии, информация или уникальные ресурсы. «Самоорганизация экосистемы происходит как реакция акторов на цифровые вызовы, экологические и промышленные тренды, и реализуется в виде инновационных проектов, новых продуктов, цифровых платформ, новых технологий, в том числе на условиях рециклинга» [232]. Самоорганизация акторов позволяет создать такую интеллектуальную среду, которая сведет к

минимуму негативные последствия внешних вызовов и создаст благоприятные условия для реализации прорывных технологических проектов.

Под промышленной экосистемой автор предлагает понимать подход, объединяющий как промышленные системы различных типов, так и отдельных участников (финансовые, научные, образовательные и государственные институты) на основе обмена материалами, энергией, ресурсами, знаниями и технологиями, создающей экономические, технологические и экологические преимущества для всех участников экосистемы и общества в целом.

Коллаборативное сотрудничество в экосистемах не ограничивается рамками территорий или отраслей, а объединяет разных акторов на принципах самоорганизации и самоуправления, взаимного доверия, устойчивого развития и открытых инноваций. В экосистемах реализуется обмен знаниями и информацией, действует коллективное обучение, развивается система взаимосвязанных технологий, что способствует развитию как каждого актора экосистемы, так и общества в целом.

Принципиальное отличие экосистем от других сетевых структур заключается в отсутствии конкретного органа управления, самоорганизации и наличии когнитивной интеллектуальной среды. В соответствии с теорией сложных систем можно выделить особенности экосистем.

1. Локализованность в пространстве и непрерывность (неограниченность) существования во времени.
2. Внутренняя целостность, территориальная близость, тесные связи между компонентами и участниками деятельности экосистемы.
3. Способность к самовоспроизводству экосистемы в целом и ее основных компонентов.
4. Саморазвитие за счет использования и взаимной трансформации нерасходуемых ресурсов внешней среды (пространство, время, энергия).
5. Высокая проницаемость пространственных границ экосистемы.

6. Наличие механизмов выравнивания масштабов участников экосистемы (индивидов, организаций, проектов), обеспечивающих устойчивость развития экосистемы.

7. Поддержание баланса между разнообразием и однородностью, изменчивостью и стабильностью компонентов экосистемы.

Экосистема — слишком сложный механизм, чтобы пытаться управлять им «сверху вниз» и контролировать все из одной точки. Вместо этого используются механизмы координации — прежде всего, через внедрение общих стандартов, правил и процессов.

В целях идентификации отличительных признаков и дифференциации понятий сетевых структур автором проведен их сравнительный анализ на основе группы ключевых критериев (таблица 1.4).

Таблица 1.4 - Контент-анализ сетевой интеграции предприятий [12].

Модели объединения промышленных акторов	Цель формирования	Критерии объединения	Управление
Экосистема	Инициация и реализация цифровой инновации или уникального продукта	По стадиям жизненных циклов проектов, новых продуктов, технологий и принципов циркулярности	Самоорганизация
Промышленный симбиоз	Оптимизация использования ограниченных ресурсов	Комплементарность побочных продуктов и потребностей	Самоорганизация
Кластер	Повышение конкурентоспособности отрасли или региона	По стадиям производственного процесса	Федеральные или региональные органы управления
Индустриальный технопарк	Производство конкурентоспособной промышленной продукции	На основе промышленной площадки с инженерной инфраструктурой для размещения новых производств	Управляющая компания
Экоиндустриальный парк	Совместное управление ресурсами компаний на определенной территории для устойчивого социо-эколого-экономического развития	На основе территории для размещения объектов промышленной инфраструктуры и оборудования	Федеральные или региональные органы управления
Экоиндустриальная сеть	Рост ресурсоэффективности и снижение негативного влияния на окружающую среду за счет замыкания ресурсных цепей на распределенных территориях	На основе взаимодействия распределенных объектов индустриальной инфраструктуры, а также потребителей, в рамках сложной логистической сети	Наличие системообразующей/управляющей компании

В ходе исследования было установлено, что сетевое взаимодействие с участием промышленных предприятий постоянно развивается. В фокусе внимания оказываются самоорганизация и саморазвитие, так как представляют собой коллаборацию без направляющей роли иерархического центра управления, то есть партнерскую сетевую среду, опирающуюся на механизм координации совместного поиска эффективных инновационных решений.

1.2 Систематизация научных подходов к категории «экосистема» и ее основным элементам

Глобализация и цифровизация формируют новые условия функционирования экономических агентов, в их числе ужесточение конкуренции, пересмотр модели жизненного цикла продукции, усложнение форм организации бизнеса и способов интеграции и координации деятельности, что приводит к необходимости реорганизации и построения новых бизнес-моделей. В современной неустойчивой и турбулентной обстановке экономические агенты все чаще выстраивают свои стратегии и формируют конкурентные преимущества на основе совместного использования ресурсов, сетевых экстерналий (внешних эффектов) и переливов знаний (spillover effects). Это требует разработки новых отражающих реальные тенденции теорий и подходов, одной из которых является теория экосистем.

Само по себе понятие экосистемы «связано с аналогом природной экосистемы, в которой, как в природе, живые организмы и среды их обитания едины, гармоничны и сбалансированы» [136]. Термин «экосистема» достаточно сложен и не имеет однозначного определения. Он часто рассматривается как метафора для особого вида сети и сетевых внешних факторов, для определенного рынка или рыночной ниши, для отражения взаимодополняемости физических, человеческих и интеллектуальных

активов, или даже спилловер-эффектов, возникающих в результате совместной деятельности.

В экономическом смысле «экосистема состоит из экзогенно заданных компонентов, окружающей среды и агентов, действующих эндогенно совместно как система, связанная с извлечением выгоды из взаимосвязи» [175]. Аналогично природным процессам, различные виды компаний, многонациональные предприятия, малые и средние предприятия и домашние хозяйства сосуществуют и развиваются в рамках своей собственной экосистемы [236]. «Такие экосистемы могут формироваться на самых разных объединяющих принципах (от географического и политического до производственного и экологического), а также на разных уровнях - от локального (внутри организаций, компаний, кластеров, научных парков) до глобального, т. е. везде, где возникают устойчивые взаимосвязи и совместное видение участников» [143]. Экосистема не может быть жестко привязана к определенному бизнесу или отрасли производства, а объединяет взаимосвязанные предприятия из множества отраслей, которые совместно стремятся создавать дифференцированные предложения и извлекать ценность, которую они не могли извлечь в одиночку.

Понятие «экосистема» в современной науке малоизучено и трактуется неоднозначно. Родоначальником применения метафоры «экосистема» к бизнесу принято считать Дж. Ф. Мура, который предложил «исследовать взаимозависимость фирм, а также процесс комплексного взаимодействия между конкурентной и кооперационной стратегиями бизнеса, определив экосистему как экономическое сообщество, поддерживаемое базисом из взаимодействующих организаций и отдельных лиц» [207].

Якобидес, К. Кенамо, А. Гавер отмечают два подхода в литературе к пониманию термина «экосистема». «В рамках первого подхода экосистема рассматривается как группа организаций, взаимозависимых по отношению к факторам производства и выпуску продукции; в рамках второго – как система взаимосвязанных технологий. Эти подходы определяют два

направления исследований, связанных с анализом экосистем: 1) в сфере стратегического управления; 2) в сфере управления технологиями» [186]. Аднер Р. полагает, что «экосистема определяется структурой выравнивания многостороннего набора партнеров, которые нуждаются во взаимодействии для того, чтобы сфокусированное ценностное предложение материализовалось» [137]. По мнению Брунса и соавторов метафора экосистема отражает тенденцию в научных исследованиях описывать известное явление «агломерационного воздействия регионов (городских, региональных, национальных экосистем) и отраслей промышленности (сельское хозяйство, химическая промышленность, производство, средства массовой информации, финансовые экосистемы), объединений фирм (бизнес-экосистемы, предпринимательские экосистемы) или видов деятельности (услуги, инновации, цифровые экосистемы)» [149] .

Г.Б. Клейнер рассматривает социально-экономическую экосистему как «пространственно-локализованный комплекс неконтролируемых иерархически организаций, бизнес-процессов, инновационных проектов и инфраструктурных систем, взаимодействующих между собой в ходе создания и обращения материальных и символических благ и ценностей, способный к длительному самостоятельному функционированию за счет кругооборота указанных благ и систем» [43]. Данное определение раскрывается в совокупности признаков, характеризующих особенности экосистем:

1. взаимосвязь отдельных элементов экосистемы в пространстве;
2. непрерывность развития экосистемы во времени;
3. способность к самововосстановлению экосистемы и ее элементов;
4. открытость и высокая проницаемость пространственных границ экосистемы;
5. наличие механизмов, обеспечивающих устойчивость экосистемы.

Таким образом, возникают четыре подхода к исследованию социально-экономических экосистем: неоклассический (объектный) подход,

направленный на изучение поведения акторов; институциональный (средовой) – направленный на изучение взаимодействия основных участников экосистемы в пространстве; эволюционный (процессно-генетический) – направленный на изучение процессов и тенденций трансформации во времени объектов и сред; системный – направленный на комплексный пространственно-временной анализ функционирования и взаимодействия объектов, процессов и сред в рамках экосистемы.

В рамках ценологического подхода Кудрин Б. И. «сформировал идею о ценозах, как сообществах образованных при ограниченном наборе ресурсов элементами, на основе аналогии возникновения и развития биологических, физических, социальных и информационных систем» [49]. Позднее концепция ценозов и инструментарий из аппарата ценологии были перенесены и в другие научные сферы. Лозенко В.К. ввел в обращение термин «бизнесценоз» - «совокупность ограниченных в пространстве и времени слабовзаимодействующих между собой бизнес-структур, каждая из которых состоит из людей, корпоративной культуры, организационной структуры, документационной системы, инфраструктуры и производственной среды» [53]. Несмотря на то, что в биологии понятия «ценоз» и «экосистема» близки по смыслу, они не тождественные. Экосистема может включать ценоз, но является более широким понятием, так как выходит за рамки определенной территории.

В. А. Зайцев предпринял попытку выделения понятия промышленных экосистем [29]. Он определяет «промышленные экосистемы, как «взаимосвязанную сеть компаний и организаций в регионе, которые используют попутно образующиеся продукты, отходы и энергию». Иное определение концепции промышленных экосистем предложил Г.Б Клейнер, определив их, как «устойчивые социально-экономические образования, органически сочетающих черты кластеров, холдингов, финансово-промышленных групп, технопарков и бизнес-инкубаторов» [43]. Анализируя данное определение, можно отметить, что с позиции Г.Б Клейнера

экосистема – это наиболее собирательная модель развития, включающая принципы различных моделей и, следовательно, особенностью такой системы является гибкость и открытость, позволяющие ей трансформироваться и видоизменяться в зависимости от постоянно меняющихся условий. В работе Wareham, Fox, Cano под «промышленной экосистемой» понимается платформа продуктов, определенная основными компонентами, созданными владельцем платформы, и дополнениями, созданными автономными компаниями на периферии» [242]. В свою очередь, Яковлева А. Ю. трактует определение экосистемы как «сетевое сообщество, выступающее катализатором взаимодействия участников для трансформации, обмена, распространения и эффективного распределения знаний и иных ресурсов» [245]. В статье Ceccagnoli, Forman, Huang, Wu экосистема рассматривается как «сеть инноваций для производства дополнений, повышающих ценность платформы» [153].

Определение экосистемы как «совокупности сервисов, в том числе платформенных решений, одной группы компаний или компании и партнеров, позволяющих пользователям получать широкий круг продуктов и услуг в рамках единого бесшовного интегрированного процесса» представлено в отчете Банка России за 2021 г. [130]. Экосистема может включать в себя закрытые и открытые платформы. Предлагаемая экосистемой линейка сервисов удовлетворяет большинство ежедневных потребностей клиента или выстроена вокруг одной или нескольких его базовых потребностей (экосистемы на начальном этапе своего формирования или нишевые экосистемы). Обобщая вышеизложенное, выделим несколько подходов к определению экосистемы, рассматривая одну модель с разных точек зрения (таблица 1.5). Анализируя и соглашаясь с позициями вышеизложенных исследователей, можно отметить недостаточное внимание к среде, формируемой участниками экосистемы и связям между ними. «Среда, формируемая на условиях комплементарности через связи и обмен энергией в виде новых знаний, компетенций, уникальной информации

является ключевым звеном в экосистемах. Внешней средой для экосистемы является общество, территории, отрасль, которые взаимодействуют с экосистемой, преследуя свои цели» [231]. Так как экосистема является объединением и акторов, и связей между ними, и процессов, то прогнозировать состояние экосистемы, оценивать ее устойчивость невозможно, наблюдая и изучая каждый элемент системы в отдельности.

Таблица 1.5 - Авторская типологизация экосистем

Подход	Содержание термина	Примеры
Экосистема как коллаборационный механизм (экосистемы, строящиеся вокруг решений)	Экосистема — это многосторонний набор акторов, взаимодействующих друг с другом с целью создания добавленной стоимости в рамках структуры, обуславливающей выравнивание инновационной активности партнеров. «Экосистемный механизм, посредством которого предприятия объединяют свои товары и услуги с целью создания принципиально новых продуктов» (Adner, Karoog and Lee). За счет партнерства формируется общий сильный и всеобъемлющий продукт в какой-либо области, более востребованный потребителем. Ценность от использования такой совокупности товаров и услуг в рамках общего предложения гораздо выше, чем по отдельности.	Технологические компании Google, Apple, Facebook и Amazon (так называемая GAFA) Alibaba и Tencent. «You Now» - совместный проект концернов BMW Group и Daimler AG
Экосистема как горизонтальная модель объединения акторов	Экосистема как добровольное объединение предприятий, комплексов, организаций, опирающееся на долгосрочные договоренности участников. Это «обеспечивает акторам равенство позиций при принятии решений, позволяя выходить на согласованную стратегию действий по каждому конкретному проекту» (Hwang, Horowitz). «Экосистема предполагает не просто создание инновационной инфраструктуры, а вовлечение ее в развитие коллаборации между различными юридически независимыми партнерами» (Bramwell; Townsend, Pang, Weddle,). Такое определение максимально точно отражает принципы, заложенные в суть понятия экосистемы, предложенного Артуром Тенсли. Это принципы самоорганизации, добровольного сотрудничества, доверия. Горизонтальные экосистемы формируются вокруг крупных университетов или предприятий, генерирующих новые идеи, технологии, материалы.	Примерами таких экосистем можно назвать экосистемы Кремниевой долины в США или Сколково в России.
Экосистема как сочетание	Экосистема как сочетание вертикально-горизонтальных отраслевых взаимодействий	Jyva'skyla и ECO3 промышленные

различных форм объединения акторов (гибридный подход)	участников продуктовых цепочек и их горизонтальных институциональных взаимодействий как участников коллаборации. Как правило, вертикальное группирование компаний происходит по определенным стадиям производства продукта в цепочке добавленной стоимости, а горизонтальные отраслевые связи формируются на каждом уровне цепочки (Sessagnoli; Gawer). Такую модель экосистемы можно считать эволюционным развитием промышленных или торговых сетей. Соблюдение классических принципов экосистем здесь возможно при гармоничном балансе горизонтального и вертикального форматов	экосистемы в Финляндии, Кейстоунский промышленный комплекс (США); Sotenäs, Швеция; «Чистые технологии для городской среды», Санкт-Петербург; «Балтийский промышленный симбиоз». Сбер, Тинькофф, ВТБ «Сеть партнерств»
Экосистемы транзакций (платформенный подход)	Такой подход объединяет понятие «цифровая платформа» с институциональными механизмами формирования инновационной инфраструктуры и обеспечения трансферов знаний и информации. Формирование экосистемной инфраструктуры является неотъемлемой частью реализации экосистемных моделей. Как правило, участники и потребители связаны через общую цифровую платформу или интегрируют свои сервисы в единые цифровые приложения. Сервисы и продукты экосистемы взаимодополняют друг друга, а за счет использования Big Data она может предсказывать потребности клиента еще до того, как он явно их выразил. Таким образом, экосистема – это цифровая площадка, на которой клиент может приобрести различные товары и услуги и получить синергетический эффект при их одновременном использовании.	WeChat (Китай) — финансовые, бытовые и государственные услуги; Alipay (Китай) — платежная система, финансовые услуги; Uber (США) — такси, каршеринг, платежная система, доставка еды и товаров; Google Map (США) — планирование регулярных поездок, бронирование туров, отелей и авиабилетов, столиков в ресторанах, заказ еды, вызов такси; «Свое Фермерство».

Источник: составлено автором на основе [136,147,165,181]

Потребность в знаниях и инновационных технологиях, необходимость в значительном сокращении процессов инициации и реализации инноваций, объединяет акторов и выстраивает отношения на иных принципах, чем было принято ранее. В связи с этим, экосистему можно определить, как открытую и саморазвивающуюся систему сетевого взаимодействия экономических акторов, самоорганизующихся на основе особой среды, формируемой в результате обмена (переливов) энергии, в качестве которой выступают новые знания, технологии, информация или уникальные ресурсы. Самоорганизация экосистемы происходит как реакция акторов на цифровые вызовы, экологические и промышленные тренды, и реализуется в виде

инновационных проектов, новых продуктов, цифровых платформ, новых технологий. «Самоорганизация акторов позволяет создать такую интеллектуальную среду, которая сведет к минимуму негативные последствия внешних вызовов и создаст благоприятные условия для реализации прорывных технологических проектов. Но принцип самоорганизации экосистемы не предполагает хаотического спонтанного объединения» [130]. В качестве центра интеллектуального притяжения акторов в экосистеме выступает пейсмейкер, который может быть и актором, и технологией, и проектом, и платформой. Исследователи используют и другие термины для обозначения координатора экосистемы. Например, ядро или центр экосистемы, дирижер (orchestrator), интегратор (mastermind). «Пейсмейкер обеспечивает сбалансированность обмена когнитивной энергией и обеспечивает согласованность взаимодействия всех акторов между собой» [165].

В зависимости от уровня и типа экосистем акторами могут являться промышленные предприятия, технопарки, инжиниринговые предприятия, стартапы, венчурные компании, фонды, государственные органы, университеты, финансовые структуры и другие участники рынка, задачи которых пересекаются со стратегическими целями экосистемы, определяемыми 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. 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 начинается 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 др. 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, принадлежит акторам – промоутерам, в качестве которых могут выступать университеты, промышленные предприятия, маркетинговые компании.

Объединение и взаимодействие акторов осуществляется на принципах экосистемности. В качестве основных принципов можно назвать следующие:

- самоорганизация и саморазвитие;
- трансфер информационных и интеллектуальных ресурсов;
- коллаборация, доверие и партнерство;
- внутренняя и внешняя корпоративность;
- трансграничность и междисциплинарность;
- открытость к изменениям;
- ориентация на качество жизни, ресурсосбережение и безопасность;
- генерирование новых идей, проектов и технологий;

➤ клиентоориентированность.

Однако, несмотря на большое разнообразие подходов к типологии экосистем, они обладают общим набором характеристик, преимуществами и недостатками, которые отличают их от других моделей управления (таблица 1.6). «Бизнес-экосистемы обладают тремя важными преимуществами: они открывают доступ к широкому спектру возможностей, способствуют быстрому масштабированию, а также представляют собой гибкую и устойчивую модель» [83].

Таблица 1.6 - Преимущества и недостатки бизнес-экосистем

Достоинства	Недостатки
Отсутствие жесткой вертикали управления	Не предполагает внешнего инвестирование в экосистемных моделях
Открытость, свободный вход и выход для авторов	Риски неэффективного взаимодействия
Гибкость и проектоориентированность	Риски недобросовестных акторов
Синергетический эффект при реализации проектов	Сложность оценки вклада каждого участника экосистемы
Синергетический эффект от оптимизации ресурсных потоков (материальные, финансовые и др.)	Неравномерность вклада акторов в ресурсное обеспечение
Трансфер – диффузия знаний и технологий	Риск нарушения авторского и патентного права
Синергия от объединения кадровых, интеллектуальных ресурсов	Риск (переход высококвалифицированных кадров в другую компания)
Инновационные технологии, доступные для всех участников экосистемы	Разный уровень технологического развития и зрелости
Имиджевые преимущества	Репутационные риски
Общая корпоративная культура для акторов экосистемы	Проблема различий в корпоративных культурах
Унифицированная система ценностей	Различия ценностей (ESG, устойчивое развитие)
Единая система информационной безопасности	Информационная безопасность. Риски утечки персональных данных.

В экосистемах отсутствуют стандартные методы контроля, но при этом присутствует механизм координации всех процессов — через выполнение определенных правил и следование стандартам. Все участники экосистемы зависят друг от друга. Каждый актор подстраивается под концепцию экосистемы и вносит тот вклад, который будет наиболее приемлем для решения единой задачи.

1.3 Международный опыт формирования промышленных экосистем

В настоящее время многие страны, осознавая важность инновационного развития, формируют инновационные промышленные экосистемы, в которых экономические агенты получают выгоду от стратегического партнерства, находясь одновременно в состоянии сотрудничества и конкуренции. Согласно рейтингу The Global Ecosystem Index Report 2022, к числу стран-лидеров по количеству инновационных промышленных экосистем относятся КНР (21 экосистема), США (20 экосистем), Германия (10 экосистем), Япония (5 экосистем), Финляндия (3 экосистемы) [70-71].

Переход передовых восточноазиатских стран к модели устойчивого развития сопровождался изменением концепции инновационного развития. Особого внимания заслуживают Китай и Япония, которые создали внутри страны национальную инновационную экосистему на базе крупнейших промышленных агломераций и экосистем, успешно функционирующих более 20 лет (рисунок 1.7). Промышленное производство в Китае опирается на сети поставщиков, производителей, дистрибьюторов, государственных учреждений и клиентов, которые вовлечены в процесс производства посредством конкуренции и коллаборации [54]. Формирование промышленных экосистем в Китае осуществляется согласно трем принципам: всестороннее сотрудничество, обмен информацией и интеграция, партнерские проекты. Надежное партнерство является основой промышленной экосистемы. Коллаборация охватывает не только предприятия в цепочке промышленного производства, но и государственные учреждения, ассоциации по стандартизации, а также университеты и научно-исследовательские институты. Механизмы открытого обмена данными являются каркасом экосистемы. Экосистема представляет собой открытую платформу обмена данными, посредством которой все акторы экосистемы могут обмениваться информацией, искать перспективные возможности, расширять направления сотрудничества и совместно развиваться. Экосистема

объединяет предприятия и научно-исследовательские институты, позволяя выполнять совместную разработку инновационных решений с применением открытого механизма обмена данными. Кроме того, в рамках промышленной экосистемы обеспечивается возможность внедрения новых технологий сразу в двух направлениях деятельности – научных исследованиях и коммерции.

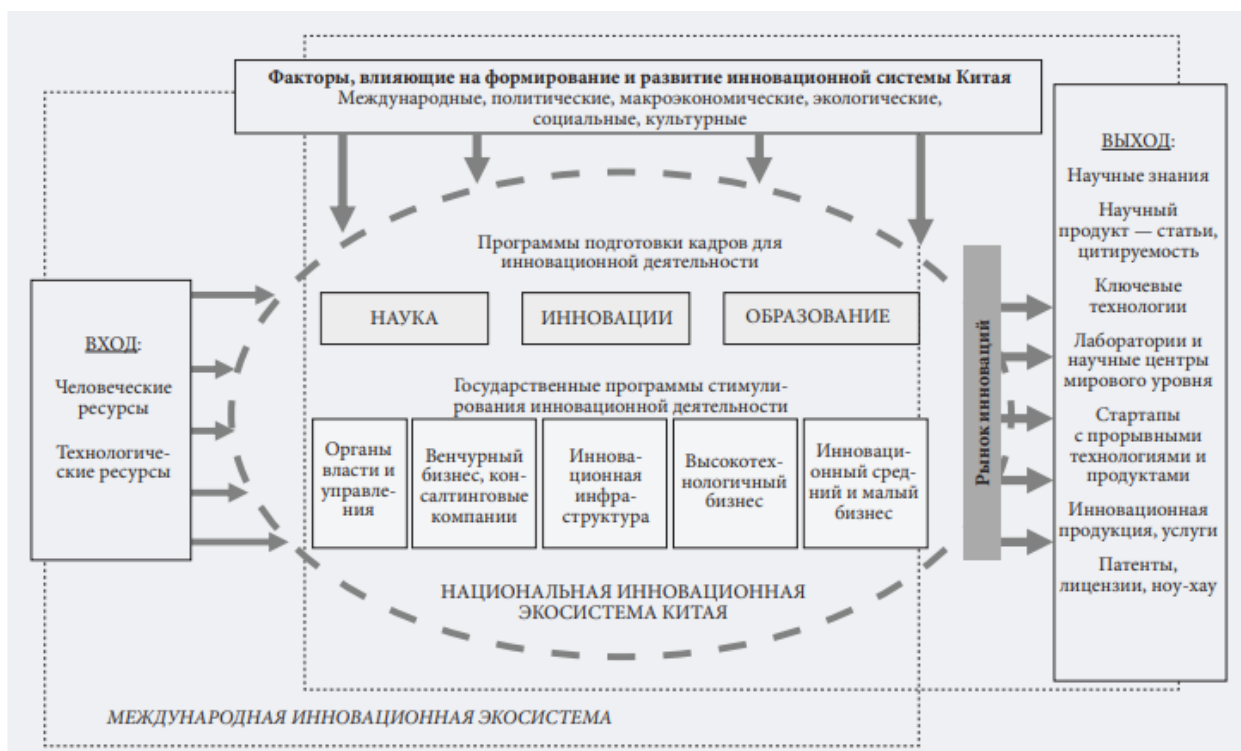


Рисунок 1.7 – Модель национальной инновационной промышленной экосистемы Китая

Источник: [248] <https://foresight-journal.hse.ru>

К крупнейшим инновационным промышленным экосистемам Китая относят Шэньчжэнь, Сямэнь, Чжухай, Шаньтоу и Хайнань. Шэньчжэнь - один из самых технологичных городов мира с развитым производством и инновационной экосистемой, направленной на копирование, воспроизведение и создание новых технологий. В состав инновационной экосистемы Шэньчжэнь входят такие компании, как Samsung, Foxconn, Huawei, ZTE, Lenovo. Инновационная промышленная экосистема HARTING объединяет разрозненные ресурсы: производителей, поставщиков и организации, предоставляющие услуги, а также потоки информации, данных

и другие элементы (рисунок 1.8). HARTING выстраивает эффективную систему с цепочками поставок для создания добавленной ценности.

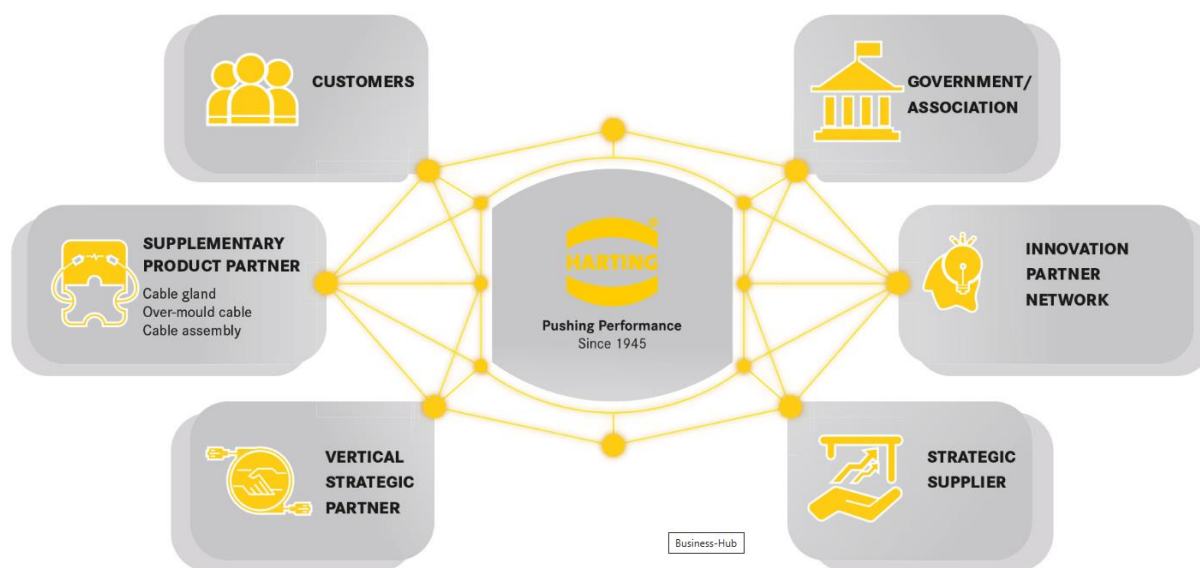


Рисунок 1.8 – Состав акторов инновационной промышленной экосистемы

Источник: [70] <https://www.harting.com/RU/ru/node/30535>

Платформа экосистемы предоставляет широкие возможности для бизнеса и позволяет преодолеть проблемы, ограничивающие развитие отдельно взятой компании вследствие нехватки ресурсов. Экосистема интегрирует потребности акторов и возможности научно-исследовательских организаций, что открывает огромный потенциал для развития инновационных технологий.

Экосистема Токио-Йокогама насчитывает 1464 инновационные компании, что составляет около 73% от общего числа стартапов в Японии. Экосистема Токио-Йокогама занимает первое место в рейтинге инновационных экосистем Японии и пятнадцатое в мире по капитализации.

Дортмундская инновационная промышленная экосистема (Dortmund) является одной из ведущих площадок для размещения высокотехнологичных компаний в Германии, по масштабам деятельности находясь на третьем месте после Берлинской и Ахенской экосистем. В состав экосистемы Дортмунда входят 360 компаний, в которых работает более 8500

сотрудников, а общая площадь зданий и сооружений составляет 120 тыс. м², размещенных на территории в 40 га. Основными акторами экосистемы являются: центр программирования B1st (35 предприятий); центр техники структуры и соединений - микросистемная техника (14 предприятий); центр логистики и информационных технологий e-port dortmund (22 предприятия); центр микро- и нанотехники MST.factory dortmund (21 предприятие); центр роботизации и автоматизации (75 предприятий); центр производственных технологий (13 предприятий). Промышленные экосистемы Германии постепенно становятся объектами притяжения высококвалифицированных кадров, молодежи, инноваций и инвестиций, приобретая значительную роль в формировании территориальной структуры экономики соответствующих муниципальных образований и располагая поддержкой со стороны органов власти.

Промышленная экосистема E.S.T.E.R расположена недалеко от города Лимож (Франция) на территории 210 га. Участники экосистемы специализируются на производстве и разработке технологий по ряду направлений: керамика, композитные материалы, электроника, оптика, телекоммуникации, биотехнологии и фармацевтика, экология и др. Акторами экосистемы являются 189 компаний, в которых работают более 2527 сотрудников. В состав инфраструктуры экосистемы входят: 4 центра трансфера технологий, технологический инкубатор, 3 лаборатории, 2 учебных центра, финансовый центр. Интересен опыт работы промышленной инновационной экосистемы “Europeen Céramique” с уникальной специализацией, охватывающей широкий спектр технологий, связанных с производством керамических изделий и компонентов. Акторы экосистемы (95 промышленных предприятия; 5 исследовательских лабораторий; 8 технологических центров; 9 университетов) размещаются практически по всей территории Франции. Экосистема “Europeen Céramique” была создана на базе французского кластера «Pôle Europeen Céramique». Состав участников был расширен за счет бизнес-инкубаторов и центров трансфера

университетов, обеспечивающих диффузию знаний, технологий и постоянный поток инновационных проектов.

Инновационная промышленная экосистема Elopsysa объединяет предприятия и компании в сферах оптоэлектроники, фотоники, медицины, компьютерной безопасности и разработки цифровых интерфейсов. В состав экосистемы входят 95 акторов, включая высокотехнологичные компании, научные и исследовательские организации, из которых 70 — это производственные малые и средние предприятия, 7 — университеты и научно-исследовательские институты. Основная цель экосистемы - «сборка» совместных экосистемных проектов. Независимые компании объединяются в производственно-технологические цепочки, нацеленные на создание и продвижение новой, конкурентоспособной продукции. Причем вовлечение в этот процесс многообразной инновационной инфраструктуры позволяет включать и малый инновационный бизнес, создавая тем самым условия для его ускоренного роста, а исследователям из университетской и научной среды более эффективно ориентироваться на текущие и будущие потребности рынка.

В Финляндии формируют и развивают промышленные экосистемы, созданные на основе симбиотических связей. Министерством окружающей среды разработана цифровая платформа Materiaalitori, которая доступна организациям отрасли на бесплатной основе, а ее администратором выступает государственная компания Motiva O. Основная цель платформы — способствовать утилизации отходов и побочных продуктов и продвижению экономики замкнутого цикла. Materiaalitori предназначена для профессионального обмена отходами и побочными продуктами производства компаний и организаций [13].

Финская Арктическая промышленная экосистема: инновационная платформа Kemi-Tornio SE представляет особый интерес для изучения, так как это самая северная в мире кроссотраслевая промышленная экосистема, включающая в себя акторов из горнодобывающей, металлургической

промышленности и биотехнологий [209]. Основные акторы экосистемы Kemi-Tornio SE:

- заводы по производству картона и волокон Metsä;
- шахта по добыче хрома Outokumpu в Кеми;
- заводы по производству нержавеющей стали и OutokumpuTornio;
- завод StoraEnso Veitsiluoto в Кеми;
- терминал сжиженного газа Manga в Торни.

В совокупности акторы промышленно экосистемы отвечают за 80 % промышленного производства Лапландии, годовой экспорт более 5 миллиардов евро (7-8% от общего экспорта Финляндии), обеспечивают промышленный симбиоз на 700 млн евро ежегодно.

На юго-западе Финляндии в 2019 г. создана промышленная экосистема, которая обеспечивает крупномасштабную переработку текстиля, отслужившего свой срок. Текстильные отходы перерабатывают в пряжу или сырье, в новый текстиль (Infinna™, Ioncell), изоляционные материалы и т. д. Экосистема объединяет различные финансовые организации, городские советы, компании по утилизации отходов, университеты. Созданы новые перерабатывающие производства на которых апробируется использование новых перспективных технологий переработки отходов текстильной промышленности.

В результате проведенного анализа международного опыта формирования промышленных экосистем было установлено, что промышленные экосистемы мезоуровня создаются при поддержке государства с применением механизма государственно-частного партнерства, в рамках реализации стратегических программ и документов по развитию промышленности, науки и технологий. Государство регулирует и стимулирует создание инновационных экосистем в стране методами прямого и косвенного воздействия:

- финансирование научных исследований и разработок;
- формирование нормативно-правовой базы инновационной деятельности;

– формирование и развитие инновационной инфраструктуры.

На следующем этапе экосистемы развиваются на принципах самоорганизации и самоуправления. Присходит интеграция крупных промышленных предприятий, научно-исследовательских организаций, университетов, малого и среднего инновационного бизнеса с целью генерации новых знаний и производства высокотехнологической продукции и услуг.

1.4 Анализ стратегических приоритетов развития промышленности РФ

Смена парадигмы мирового развития, ведущая к углублению глобализации и формированию сетевого уклада, радикально обновляет характер производственных и конкурентных процессов. Фокус глобальной конкуренции смещается на мезоуровень (территории, города) вслед за продуктовыми цепочками и добавленной стоимостью. Сегодня национальная конкурентоспособность зависит не только от макроэкономической ситуации в стране, но и от зрелости регионов и устойчивого развития территорий. Ставка на технологический суверенитет, локализация производств и производственных цепочек приведет к дальнейшей регионализации промышленности. Соответственно возрастает роль микроэкономических факторов.

Глобальные тенденции, влияющие на будущее индустриализации, ООН определяет как глубокие преобразования, которые длятся несколько десятилетий; глубоко влияют на социальную, а также экономическую и политическую сферы промышленного развития и имеют глобальное влияние. В отчете ЮНИДО о промышленном развитии [71], выделены три глобальные тенденции, имеющие важное значение для промышленного развития:

- цифровизация и автоматизация промышленного производства, поскольку технологические инновации и внедрение ADP-технологий затрагивают

практически все сферы развития бизнеса и кардинальным образом меняют конкурентные преимущества компаний и стран;

- смена экономических сил в мире, особенно появление Азии как доминирующего центра глобального промышленного производства и структурная трансформация Китая в направлении создания основанной на знаниях и инновациях высокодоходной экономики, поскольку эти изменения предполагают серьезную реструктуризацию торговых потоков и глобальных цепей добавленной стоимости;
- экологизация промышленного производства, поскольку необходимость уменьшения воздействия на окружающую среду и, в частности, декарбонизации экономики требует кардинально иных бизнес-моделей и системных преобразований с далеко идущими последствиями для позиционирования на мировой экономической арене.

Академики РАН А. А. Дынкин и В. Г. Барановский [89] для описания глобальных вызовов и трендов используют термин «новая нормальность». «Ускоренная цифровизация и все связанные с ней социальные, политические и экономические изменения, фокус на технологическую конкуренцию, выход на первый план климатической/экологической, а с ней и энергетической повестки, усиление геополитической и геоэкономической напряженности привели мир и Россию к состоянию «новой нормальности». Иными словами, «новая нормальность» – состояние, обусловленное дефицитом эффективного управления на разных уровнях и доверия внутри государств, между обществом и властью, и между экономическими агентами.

По мнению академика Квинта В.Л. «для определения стратегических интересов, приоритетов и целей недостаточно общего понимания того, что новые технологии меняют лицо современного производства, и даже того, в каком примерно направлении» [41]. Важно понять, как конкретно трансформируются характеристики производства под влиянием новых технологических тенденций. «Результат анализа глобальных, региональных и отраслевых трендов и закономерностей затем используется для актуализации

глобального прогноза, а впоследствии – для региональных и отраслевых поисковых и целеориентированных прогнозов. Так создается платформа последующих оценок возможных конкурентных преимуществ и выбора на их основе приоритетов стратегируемого объекта». Приоритеты – это конечный продукт видения. Они являются концентрацией ценностей и интересов. «Сущностно именно приоритеты – консолидирующий эпицентр завершенной версии стратегии, в котором ярко проявляется весь практический смысл стратегии» [35-40]. Приоритетами в осуществлении сформулированной миссии выступают стратегические направления развития, необходимые для ее реализации.

Одним из ключевых трендов развития промышленности, набирающим популярность в России, является идея *«новой индустриализации»* («реиндустриализация», «неоиндустриализация», «сверхиндустриализация»). Новая индустриализация предполагает сочетание трех стратегий: восстановление, динамическое наверстывание и опережающее развитие (лидерство). Неоиндустриализация базируется на интеграции производства, науки, образования, бизнеса и государства. Цель индустриализации – обновление технологической основы материального производства путем преимущественного развития высоких технологий, реализации комплексов взаимосвязанных экономических, научно-технических, организационных и производственных задач. «Неоиндустриализм характеризуется переходом к автоматизации, информатизации, экологизации индустриальных производств, а также к формированию нового типа воспроизводства — наукоемкого, высокотехнологичного, и эколого-эффективного, выражающего собой развитую ступень интенсивного типа воспроизводства» [107]. Обеспечение неоиндустриального базиса в стране может происходить как путем заимствования зарубежных современных технологий с их адаптацией и дальнейшим совершенствованием, так и путем технологического импортозамещения. В условиях санкционного шторма речь может идти

только об импортозамещении, обеспечивающем технологический суверенитет.

В качестве ключевой доминанты новой индустриализации рассматривается *цифровизация отраслей промышленности*. «Ядром современной технологической революции стала цифровизация, которая пронизывает все сферы экономики и общества и без которой невозможно решение ни одной социальной или экономической проблемы» [182]. Важнейший элемент инфраструктуры современной экономики – ее информационное обеспечение. Цифровизация активов и структуры управления экономикой – одно из наиболее актуальных направлений реиндустриализации и создания передовой технологической индустрии. Возникновение и распространение технологий передового цифрового производства, таких как искусственный интеллект, анализ больших объемов данных, облачные вычисления, Интернет вещей, передовая робототехника и аддитивное производство, в корне меняют природу производства в обрабатывающей промышленности, все больше размывая границы между физическими и цифровыми производственными системами. Цифровизация на начальном этапе новой индустриализации может рассматриваться в качестве цифровой трансформации, которая приводит к формированию нового технологического базиса производства. На этапе полного развертывания новой индустриализации цифровизация является детерминантой, обеспечивающей эффективное развитие неоиндустриальных преобразований.

В Российской Федерации проводится активная политика по созданию собственных цифровых платформ. В соответствии с распоряжением Правительства РФ от 22 октября 2021 г. N 2998-р предусмотрена цифровая трансформация госуправления с целью «создания единой системы сбора, учета и анализа социально-экономических показателей, перевод проверок бизнеса в дистанционный формат, автоматизации бюджетного процесса и

учета» [260]. Примерами таких цифровых платформ можно считать порталы «ГосУслуги», «Mos.ru», «ГосТех».

В 2021 году, в рамках реализации национальной программы «Цифровая экономика» с применением механизмов государственно-частного партнерства, была разработана актуальная концепция общего регулирования деятельности групп компаний, развивающих различные цифровые сервисы на базе одной «экосистемы». Основной целью данной концепции по регулированию цифровых экосистем и платформ является поддержание конкурентных условий на российском рынке.

Для обеспечения системного подхода к внедрению цифровых технологий необходимо ориентироваться на комплексное решение поставленных задач и преодоление существующих проблем по всем основным направлениям, составляющим базис трансформации деятельности компаний [110]. В связи с этим, выделяют три ключевых направления цифровой трансформации компаний:

1. Аппаратно-технологические решения (технологическая обеспеченность, надежность и инновационность технологий, доступность средств и технологий);
2. Кадровый потенциал. Наличие высококвалифицированных кадров, способных решать задачи в сфере цифровизации отрасли;
3. Бизнес-процессы (трансформация структуры процессов, принятие новых организационно-управленческих решений, повышение адаптивности и готовности компаний к изменениям).

Системный подход предполагает разработку и последовательную реализацию комплекса мер по каждому из предложенных направлений. Если стратегия в качестве одного из важнейших приоритетов определяет цифровизацию и развитие цифровой экономики, то тогда в механизме реализации стратегии должна быть разработана обеспеченная ресурсами целевая программа.

Введение экономических санкций, рост инфляции и ключевой ставки — одни из главных экзогенных факторов, оказывающих воздействие на промышленный сектор. По данным Федеральной службы государственной статистики индекс промышленного производства в РФ (ИПП) в I полугодии 2022 г. по сравнению с I полугодием 2021 г. составил 102,0% (рисунок 1.9). В 2021 г. по сравнению с 2020 г. — 105,3%;— в декабре 2021 г. по сравнению с декабрем 2020 г. — 106,1%, по сравнению с ноябрем 2021 г. — 112,5% [111]. Рост Индекса промышленного производства в I квартале 2022 г. обусловлен увеличением показателя в ряде отраслей, в которых наблюдался всплеск спроса на продукцию из-за ухода с российского рынка некоторых иностранных компаний на фоне западных санкций. Существенный рост промышленного показателя произошёл в секторе добычи полезных ископаемых — на 8,5% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, обрабатывающего производства — на 5,1% и водоснабжения и водоотведения — на 4,9%. Однако во всех этих отраслях наблюдается снижение ИПП по сравнению с показателем за IV квартал 2021 г.

В 2021 году на финансирование региональных программ развития промышленности был выделен 1 млрд рублей. Субсидии получили 25 регионов. В 2022 году на эти цели направлено свыше 3,7 млрд рублей, для 54 регионов [257] .

В статистическом отчете ЮНИДО [239] отмечено, что в РФ обрабатывающая промышленность является наиболее важным сектором, на долю которого приходится 55 процентов от общего объема производства. Крупнейшие сегменты обрабатывающей промышленности: металлургия (9,6 %); кокс и нефтепродукты (9,5 %); пищевые напитки и табак (8,4 %); химикаты (4 %); машины и оборудование (3,8 %); транспорт (3,7 %) и электрооборудование (3,4 %). Добыча полезных ископаемых и разработка карьеров составляют 35 %, а разведка природного газа и сырой нефти 29 % от общего объема добычи. Кроме того, на электроэнергию, газ и водоснабжение приходится 11 %.

Индекс промышленного производства в % к среднемесячному значению 2019 года

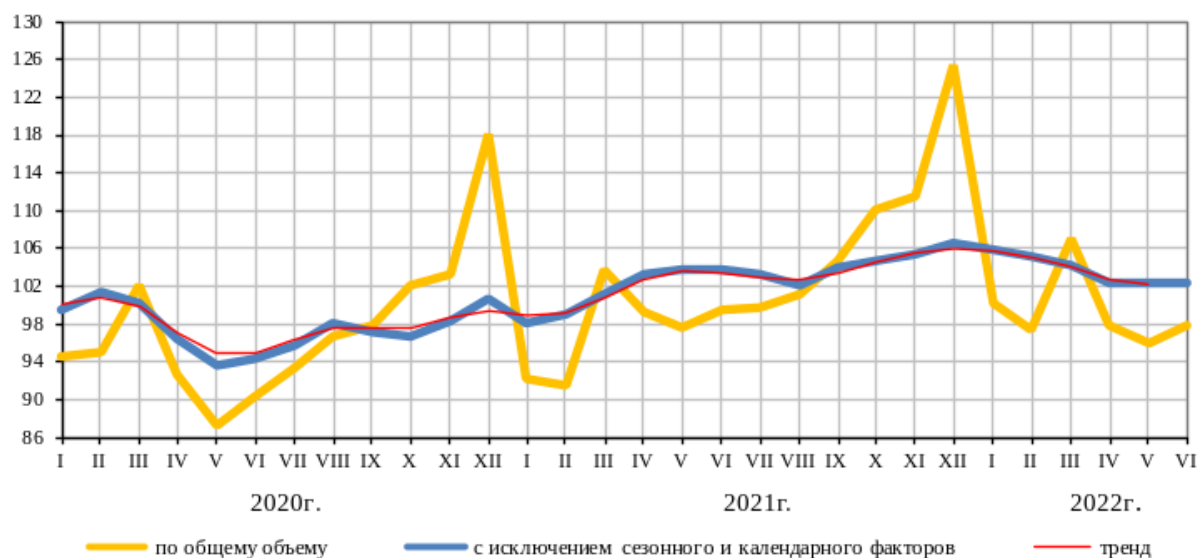


Рисунок 1.9 - Индекс промышленного производства в РФ за 2020–2022 гг.

Источник: [111] https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/123_27-07-2022.html

Стратегия обрабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2035 года предусматривает увеличение до 75% доли отечественных компонентов в продукции 10 ключевых отраслей производства. Например, в производстве гражданских самолетов — с 38 до 75% к 2035 году, станков — с 21 до 46%, фармацевтике — с 30,8 до 65% [261]. Энергетический переход и цифровизация значительно повысят спрос на редкоземельные и цветные металлы, особенно никель, литий, кобальт, медь и алюминий. Масштабное строительство в ДНР и ЛНР и модернизация инфраструктуры в России подтолкнут внутренний спрос на черные металлы. По оценке World Steel Association (WSA), в 2021 г. Россия занимала пятое место в мире по объему производства стали (75,6 млн т.) [244]. Объем производства в 2021 г. вырос по сравнению с предыдущим годом на 5,6 %, а потребление уменьшилось на 1,6 % (таблица 1.7). С июня 2022 г. доступа к официальной статистике о производстве стали в России нет, тем не менее WSA составила прогноз на 2022 г., согласно которому российские

предприятия черной металлургии по итогам года снизят производство на 15%. WSA выделяет возможную корректировку глобальных торговых потоков, изменение торговли энергоносителями, а также продолжающуюся реконфигурацию глобальных цепочек поставок [244] .

Таблица 1.7 - Динамика производства и потребления стали в России и в мире, млн т.

Страна	Производство			Потребление		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Китай	1064,7	1032,8	1050–1130	910	980	990-1110
Индия	100,3	118,2	100-125	103	85	95-105
Япония	83,2	96,3	94-97	52,6	57,5	55-58
США	72,7	85,8	85-90	97,7	82,3	85-90
Россия	71,6	75,6	65-70,3	42,3	43,9	48-50
Южная Корея	67,1	70,4	68-71	49	55,6	53-60

Источник: World Steel Association (WSA), [244]

Таким образом, новая индустриализация состоит из трех взаимосвязанных процессов: технологической революции, кастомизации производства и решоринга (бэкшоринг). В основе устойчивого промышленного развития лежат новые технологии. Они обеспечивают создание новых товаров, что способствует возникновению новых отраслей промышленности. «Новые технологии также могут способствовать экологической устойчивости и социальной инклюзивности при внедрении в правильных условиях» [70]. Промышленная конкурентоспособность в конечном счете зависит от технологической модернизации. Во многих случаях само применение новых технологий требует дополнительных средств и услуг других отраслей экономики, что увеличивает эффект промышленного развития как мультипликатора за пределами производственного предприятия. Более высокая эффективность связана с

сокращением выбросов загрязняющих веществ и удельного потребления сырья и энергии на единицу продукции, что способствует повышению экологической устойчивости процесса.

Сложившаяся геополитическая ситуация на фоне увеличения риска новых пандемий и торговых войн усиливает тенденцию к решорингу – возвращения в страну производства, ранее перенесенного в страны с более низкими издержками производства. Политика решоринга оказывает значительное воздействие на перестройку глобальных цепочек добавленной стоимости (ГЦДС). Зависимость от импорта ДС и зависимость импорта ДС от трех крупнейших хабов ГЦСС по отраслям российской обрабатывающей промышленности в 2021 г. представлена на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10 - Зависимость российской промышленности от мировых хабов ГЦДС

Источник: ЦИСП НИУ ВШЭ, данные UNCTAD-EORA GVC Database, [32]

Локализация ГЦДС будет происходить под влиянием следующих факторов: регионализация международной торговли и пересмотр двусторонних соглашений; снижение рисков за счет решоринга производств;

поиск поставщиков «на расстоянии вытянутой руки»; повышение контроля над стоимостной цепочкой.

Идеология кастомизированного производства основана на создании и реализации продукта, полностью отвечающего требованиям, потребностям и ожиданиям конкретных потребителей, а не среднестатистических, как при массовом производстве. Это требует переориентации производственных процессов, трансформации и адаптации экономических преимуществ массового производства к производству продукта, ориентированного на четкую целевую группу потребителей или сегментов рынка. Кастомизация принципиально меняет прежнюю структуру производственных затрат в пользу наукоемких. «Экономия на масштабах (economy of scale), связанная с наращиванием объемов выпуска массовой продукции, уступает место экономии на разнообразии (economy of scope), связанной с диверсификацией производства и наукоемкими инвестициями» [69].

Проанализируем уровень развития высокотехнологичного промышленного сектора (ВТПС) и уровень наукоемких инвестиции, как факторов, определяющих состояние промышленности РФ. Российская Федерация, несмотря на значительные инвестиции в образование, науку и инновации, осуществленные в последние годы, не смогла сократить существенное отставание от мировых лидеров по основным показателям, определяющим уровень научно-технологического развития. России на мировом рынке наукоемкой продукции принадлежит всего около 1 %, в то время как США – 36 %, Японии – 30 %, Германии – 17 %. Отечественный экспорт высоких технологий составляет 1,2 % от экспорта Китая, 3,7 % от экспорта США, 4,3 % от экспорта Японии.

По прогнозам Института статистических исследований и экономики знаний ВШЭ несмотря на рост уровня инновационной активности в промышленности с 15,1 % в 2020 г до 16,2 % в 2021 г., в ближайшие три года только 11, 2 % организаций планируют осуществлять инновационную деятельность [32]. В качестве основных барьеров для внедрения инноваций

предприятия указали недостаток собственных средств и высокую стоимость нововведений. По данным Федеральной службы государственной статистики удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг по Российской Федерации, по видам экономической деятельности в 2017 г. составлял 7,2 %, а в 2021 – 5,8 % и составил 5,2 трлн руб. Наиболее активно инновации внедряются в высокотехнологичных отраслях – производство летательных и космических аппаратов, ВПК, медицинская техника и автомобилестроение. Однако предприятия в основном выпускают товары новые для организации, но уже известные на рынках (2,1 % в общем объеме продаж). Доля принципиально новой для глобального рынка инновационной продукции – 0,2 %, новой для рынка сбыта организации – 0,9 %.

Современный уровень мирового экономического развития характеризуется преобладанием наукоемких производств, основанных на применении новейших технологий производства продукции. Стремительное развитие техники и технологии, глобальные мировые тенденции определяют необходимость ориентации отечественной промышленности на формирование такой инфраструктуры, в рамках которой обеспечивается быстрый экономический рост и выпуск высокотехнологичной продукции. Необходим постепенный переход от секторов сырьевой направленности и низких технологий к наукоемким высокотехнологичным отраслям.

Другим важнейшим приоритетом является *экологизация промышленности*. Глобальные вызовы меняют подходы к развитию социально-экономических систем в сторону ресурсоэффективности и декарбонизации за счет сокращения выбросов парниковых газов без ущерба для темпов социально-экономического развития. В 2022 г. последствия глобальных климатических изменений и обусловленные ими риски будут по-прежнему входить в состав «больших вызовов» мировому устойчивому развитию, а сохранение глобального климата – приоритетом международной природоохранной повестки дня. В последние годы этот приоритет

последовательно интегрируется в реализацию современной глобальной стратегии устойчивости на 2015–2030 гг. «Экологизация» повестки мировой политики и экономики к 2022 г. окончательно оформилась как мощный инструмент геополитической, торгово-экономической и технологической конкуренции. Возрастает значимость «зеленого» финансирования для обеспечения устойчивого развития экономики. По прогнозам к 2023 г. ежегодная эмиссия «зеленых» облигаций превысит 1 трлн долл. [206]. Наряду с «зелеными» облигациями растет выпуск «устойчивых» облигаций (sustainability – linked bonds), направленных на достижение общих целей по устойчивому развитию для эмитентов. Увеличиваются объемы выпускаемых «зеленых» акций, для которых разрабатываются свои биржевые индексы. Постоянно растет число финансовых институтов, включая институциональных инвесторов, заявляющих о своей приверженности ESG-принципам. Для «зеленых» проектов многие страны, в том числе Россия разработали и приняли в 2022 г. так называемые «зеленые» таксономии (классификации видов деятельности, проектов и активов в качестве «зеленых»). Трансформируется государственно-частное партнерство в сфере «зеленого» финансирования, когда частные инвесторы целенаправленно привлекаются для реализации национальных «зеленых» стратегий. Постоянно растет число финансовых институтов и промышленных предприятий, заявляющих о своей приверженности ESG-принципам.

Одной из важнейших тенденций формирования современного общества является переход к низкоуглеродной экономике. Эта тенденция прослеживается в принятом ООН документе - "Цели устойчивого развития до 2030 г." [239]. Страны G20 одобрили разработку мер по переходу к низкоуглеродной экономике, в том числе реформирование налогообложения международных групп компаний. В 2021 г. уже 21% глобальных эмиссий парниковых газов облагались налогом или другими формами оплаты. Налог на углерод и/или системы торговли разрешениями на выбросы углерода действуют в 45 странах. Китай в 2021 г. запустил для электроэнергетики

крупнейшую в мире национальную систему торговли выбросами. Мировой лидер декарбонизации Евросоюз разработал два новых инструмента декарбонизации – механизм трансграничного углеродного регулирования (СВАМ) и Таксономию ЕС. Оба инструмента фактически носят экстерриториальный характер. По данным Минэкономразвития новая система налогообложения затронет около 40 процентов российского экспорта.

В России на смену приоритетам экстенсивного производственного развития приходят параметры, определяющие ресурсную эффективность и устойчивость функционирования отраслей промышленности. Переход к принципам низкоуглеродной экономики в РФ позволит достичь целевые показатели, сформулированные в ряде государственных документов, в президентском указе о национальных целях и стратегических задачах развития РФ до 2024 г. в части повышения эффективности обращения с отходами производства и потребления, снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха, внедрения системы экологического регулирования, основанной на использовании наилучших доступных технологий. Минэкономразвития разработало документ «Стратегия долгосрочного низкоуглеродного развития РФ до 2050 года», который предполагает достижение углеродной нейтральности к 2060 году и снижение выбросов парниковых газов на 79% к 2050 году [262]. Реализация низкоуглеродного курса развития экономики предполагает не только внедрение ресурсоэффективных технологий и применение альтернативных источников энергии, но и создание механизма интеграции основных участников низкоуглеродного рынка, разработку финансовых инструментов и методических подходов к обоснованию и оценке эффективности внедрения новых бизнес-моделей на различных уровнях. Это позволит в полной мере реализовать системный потенциал низкоуглеродной экономики посредством встраивания ресурсосберегающих технологий в экономический механизм каждого институционального субъекта. В связи с этим еще одним из

важнейших трендов развития промышленности РФ является усложнение модели экономического управления: от иерархичной системы к коллаборативному самоуправлению.

Появление сетевых организаций связано с развитием как информационно-коммуникационных технологий, так и организационных структур управления. Сети являются гибкими структурами, элементы которой могут самостоятельно координировать свои действия, находить новых партнеров и т. д. При этом именно гибкость является основной характеристикой такого объединения. Формирование стратегий промышленных предприятий в настоящее время осуществляется на основе коллаборативных связей с поставщиками, клиентами, дистрибьюторами и дилерами, научно-исследовательскими центрами, университетами, общественными и государственными организациями и др. Возрастает число форм совместной деятельности предприятий, бывших ранее конкурентами. Все более активно развивается формат межотраслевого сотрудничества, когда промышленные компании, сохраняя и развивая свои сильные стороны, отдают второстепенные компетенции на аутсорсинг.

Большинство глобальных компаний активно внедряют бизнес-модель экосистемы, учитывая ее потенциал создания ценности: рост основного бизнеса, расширение сети и портфеля, а также получение доходов от новых продуктов и услуг. Согласно McKinsey, к экосистемам относятся 7 из 12 крупнейших компаний по рыночной капитализации [182]. Это позволяет не просто создавать качественный продукт по самой низкой цене, но и параллельно инвестировать в развитие дорогостоящих прорывных технологий. По прогнозам к 2025 году около 30% корпоративного дохода в мире (60 трлн долл.) будут генерировать бизнес-экосистемы.

Обобщив вышеизложенное, выделим основные стратегические приоритеты в развитии промышленности РФ:

1. новая индустриализация (реиндустриализация);
2. экологизация промышленности;

3. интеграция (сетивизация) - усложнение модели экономического управления: от иерархичной системы к коллаборативному самоуправлению;
4. цифровизация отраслей промышленности;
5. технологический суверенитет.

Стратегических приоритеты развития промышленности РФ, обеспеченные конкурентными преимуществами, представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 - Сопоставление стратегических приоритетов развития промышленности с задачами исследования

Стратегические приоритеты	Вызовы на макро-, мезо- и микроуровнях	Задачи, решенные в исследовании
Интеграция (сетивизация)	Новые модели развития территорий, отраслей, промышленных предприятий. Трансформация цепочек добавленной стоимости: перенос отдельных стадий ГЦДС на локальный уровень.	1. Проведен контент-анализ терминов, отражающих содержание экосистемного взаимодействия промышленных акторов. 2. Исследован российский и международный опыт формирования промышленных экосистем. 3. Обоснована концепция формирования и развития многоуровневых (микро, мезо- и макроуровни) экосистем, раскрывающая особенности сетевых структур промышленной интеграции.
Экологизация	Выбросы парниковых газов, промышленные отходы, высокий уровень ресурсоемкости, материалоемкости и энергоемкости промышленности.	1. Проанализированы и систематизированы научные подходы к категориям «устойчивое развитие», «устойчивость», ресурсно-экономический эффект и их основным элементам. 2. Разработаны методические подходы к оценке устойчивости территориальных промышленных экосистем. 3. Предложена методика оценки ресурсной эффективности промышленных экосистем.
Цифровизация (эффекты)	Низкий уровень технологической обеспеченности процессов цифровой трансформации. Высокая стоимость внедрения цифровых решений.	Предложен и апробирован механизм самонастройки и самоорганизации в экосистеме через создание экосистемной платформы.

Источник: составлено автором

Стратегический приоритет интеграция - формирование макрорегионов и промышленных агломераций с эффективной специализацией и кооперацией. Драйвером интеграции промышленных предприятий и компаний преимущественно являются инновационно-технологические потребности, для удовлетворения которых они вступают в

межорганизационное взаимодействие, предполагающее генерацию инноваций за счет диффузии знаний и технологий, эффективное совместное использование производственной и социальной инфраструктуры.

Стратегический приоритет экологизация – следование принципам устойчивого развития и создание ресурсоэффективной экономики, направленной на сохранение высокочувствительных природных систем и содействующей социокультурному развитию общества при производственной деятельности. Повышение уровня ресурсной эффективности связано с внедрением инновационных технологий, рациональным использованием ресурсного потенциала за счет комплексной переработки минерального сырья, снижением экологической нагрузки. Инвестиционные программы и проекты должны быть ориентированы не только на повышение экономической эффективности производственной деятельности, но и общественную эффективность. Необходимо учитывать возможные социально-экологические последствия промышленной деятельности, связанные с экологической безопасностью (аварийные ситуации, объем отходов, уровень загрязнения окружающей среды и др) и качеством жизни населения в регионах присутствия промышленных предприятий.

Стратегический приоритет цифровизация – повышение эффективности цифровой трансформации промышленных компаний, которая приводит к формированию нового технологического базиса производства. На этапе полного развертывания новой индустриализации цифровизация является детерминантой, обеспечивающей эффективное развитие промышленности.

Перечисленные выше глобальные вызовы и тенденции различным образом взаимосвязаны друг с другом и вместе определяют направление структурных изменений, в частности промышленного развития. Это создает как возможности, так и угрозы для экономики РФ. Исследование состояния промышленности страны и определение стратегических приоритетов позволяют разрабатывать долгосрочные стратегии экономического развития.

Выводы к главе 1

1. Проведен контент-анализ терминов, отражающих содержание интеграционного сетевого взаимодействия промышленных акторов. Определены теоретический базис, принципы и типология сетевых форм интеграционного взаимодействия. Уточнены формы межорганизационного взаимодействия и рассмотрена эволюция форм интеграции промышленных предприятий: координация, кооперация интеграция, коллаборация. Предложена классификация интегрированных структур промышленности на микро- и мезоуровнях. Проведен сравнительный анализ моделей объединения промышленных акторов: экосистема, симбиоз, кластер, экоиндустриальный парк и др.

2. Систематизированы научные подходы к категории «экосистема» и ее основным элементам. Определены подходы к архитектуре экосистем: экосистема как коллаборационный механизм; экосистема как горизонтальная модель объединения акторов; экосистема как сочетание различных форм объединения акторов (гибридный подход); экосистемы транзакций (платформенный подход). Приведено описание возможных ролей акторов в экосистеме и механизма самоорганизации. Дана авторская трактовка термина «промышленная экосистема» - открытая и саморазвивающаяся система сетевого взаимодействия экономических акторов, самоорганизующихся на основе особой среды, формируемой в результате обмена (переливов) энергии, в качестве которой выступают новые знания, технологии, информация или уникальные ресурсы. Проведен анализ подходов к формированию промышленных экосистем.

3. Предложен теоретико-методологический подход к обоснованию перспектив экосистемного взаимодействия в промышленности. Отличие данного подхода заключается в расширении категорийного аппарата, формулировании принципов объединения акторов, во введении новых понятий (территориальная промышленная экосистема, экомегасити и др.).

Подход учитывает системный, средовой и эволюционный методы исследования социально-экономических систем.

4. Проанализированы вызовы и тренды в развитии промышленности РФ. Одним из основных направлений развития промышленности является «реиндустриализация». В качестве ключевой доминанты новой индустриализации рассматривается цифровизация отраслей промышленности. Другим важнейшим приоритетом является экологизация промышленности: повышение ресурсной эффективности и декарбонизации за счет сокращения выбросов парниковых газов без ущерба для темпов социально-экономического развития. Сформулированы основные стратегические приоритеты развития промышленных экосистем.

ГЛАВА 2. ЭКОСИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕГРАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СИМБИОЗЫ И ЭКОСИСТЕМЫ

2.1 Концептуальные положения и принципы функционирования многоуровневых экосистем

В зависимости от масштабов функционирования целесообразно выделить следующие уровни экосистем: макроуровень, мезоуровень и микроуровень (рисунок 2.1). На макроуровне рассматривают глобальные, национальные экосистемы, экосистемы государственных сервисов и экомегасити. Это деление условное, так как любая экосистема состоит из подсистем. Соответственно в состав экосистем первого уровня входят экосистемы второго уровня, а в экосистемы второго уровня входят экосистемы третьего уровня.

Важнейшей составляющей экосистемных моделей является четко структурированная цепочка ценности или сеть ценности, поэтому одним из критериев типологизации экосистем может являться форма создания добавленной стоимости – глобальные, территориальные или локальные

цепочки стоимости. Последние исследования, основанные на анализе цепочек ценности, используют концепцию сети как базис для описания взаимосвязей компаний и организаций, а также географии производства и распределения в глобальной экономике. «Глобальные цепочки стоимости (ГЦС) занимают важное место в современной архитектуре мировой экономики. ОЭСР одной из первых международных организаций приступила к изучению ГЦС как способа организации международного производства» [210]. В результате исследований, проведенных ОЭСР и ЮНКТАД были выделены простые и сложные формы ГЦС [237]. В простых ГЦС (simple GVCs) добавленная стоимость пересекает национальные границы только один раз в течение производственного процесса. В сложных ГЦС (complex GVCs) добавленная стоимость пересекает национальные границы как минимум дважды. В ГЦС происходит специализация на выполнении отдельных задач в рамках фрагментированной цепочки создания стоимости. «По мере трансформации цепочки стоимости происходит постепенный перенос отдельных стадий цепочек, основанных на знаниях, в развивающиеся страны, которые начинают составлять конкуренцию развитым странам. Размещение отдельных стадий производства в различных географических локациях позволяет не только повысить эффективность производственного процесса в целом, но и укрепить конкурентоспособность стран и фирм, участвующих в международной фрагментации» [11]. Эта тенденция подтверждается данными из отчета ВТО, в котором составлен рейтинг стран по уровню формирования ГЦС в динамике за период 2010 - 2021 г. [173]. Абсолютным лидером является Люксембург (75 %), на втором и третьем месте соответственно Словакия (68 %) и Сингапур (63 %). РФ занимает 45 позицию в мировом рейтинге (41 %).

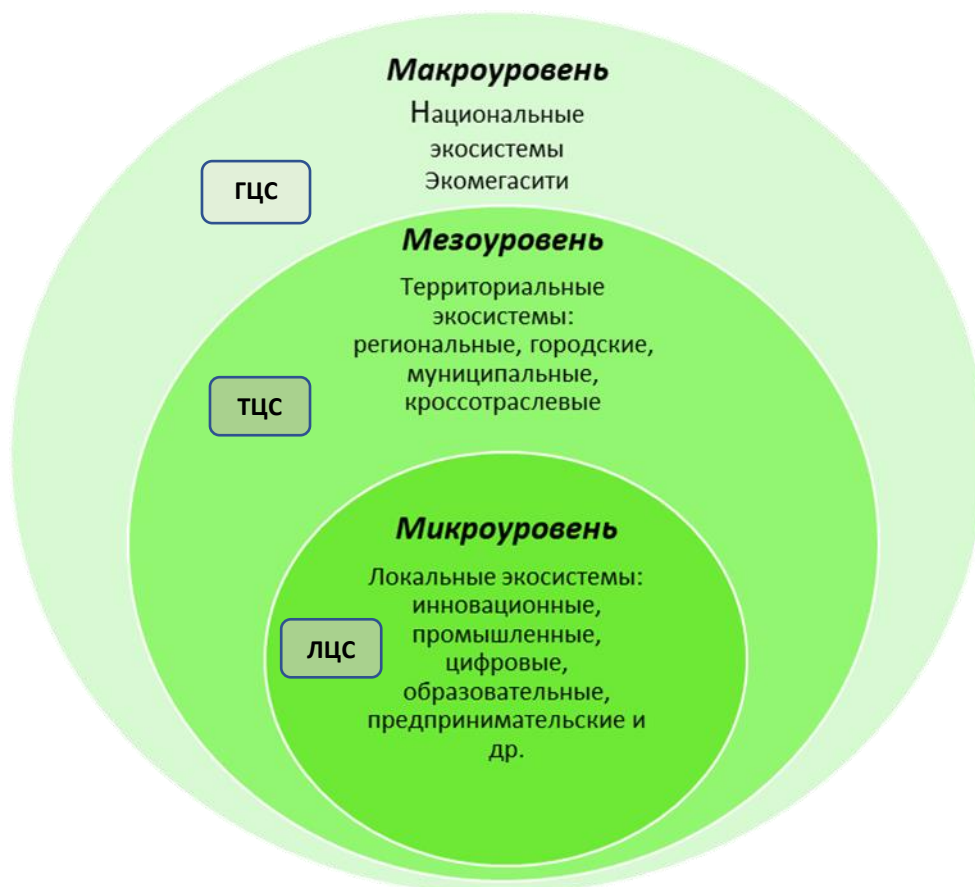


Рисунок 2.1 - Концепция формирования и развития многоуровневых экосистем

ГЦС, ТЦС, ЛЦС – соответственно глобальные, территориальные, локальные цепочки стоимости.

Источник: составлено автором

Глобальная экосистема включает в себя акторов из разных стран и формирует среду, в которой реализуются международные проекты в различных отраслях экономики, создавая глобальные цепочки стоимости. Как показывает мировой опыт, глобальные экосистемы возникли на базе больших технологических компаний, обладающих значительными массивами данных и широкой клиентской базой. Ежегодно, начиная с 2018 г. составляется рейтинг глобальных экосистем (the global startup ecosystem ranking) [230]. В 2022 г. пятерка крупнейших глобальных экосистем не изменилась по сравнению с предыдущими периодами (1. Silicon Valley, 2. New York City Economic Development Ecosystem, 3. London Tech Ecosystem, 4. Boston Ecosystem 5. Huairou Ecosystem в Пекине). В совокупности

капитализация пяти крупнейших экосистем составляет 3,8 трлн долларов. Стоимость остальных 25 из 30 крупнейших экосистем - 2,3 трлн долларов США.

К первому уровню относятся также национальные экосистемы, подразумевающая совокупность усилий государства, бизнес-сообщества, иных организаций и частных лиц, направленных на создание, сохранение, распространение новых знаний и преобразование их в технологии, продукты и услуги. Национальная экосистема характеризуется взаимодействием и взаимовлиянием всех параметров жизнедеятельности на территории данного государства (или объединения государств) на общество и среду его обитания на данной территории.

Роль государства как значимого участника национальной экосистемы должна быть прозрачна и предсказуема. При этом важно обеспечить минимизацию рисков и поддержание конкурентной среды, в том числе препятствовать появлению искусственных барьеров для входа в экосистему, содействовать продвижению инноваций и обеспечить максимизацию выгод, получаемых населением и бизнесом страны от внедрения платформенных и экосистемных решений в экономике. Национальное регулирование также должно обеспечить защиту конкурентной среды на внутреннем рынке в условиях усиления доминирования глобальных экосистем.

В последние годы локальными центрами силы глобальной экономики стали мегаполисы (мегасити), играющие роль ее ключевых узлов. Мегасити – это не просто крупный город, а особая пространственная система, занимающая ключевое место в национальной экономике и перешедшая через ее границы. Ряд ученых (Сассен; Capello; Burlingham) [91,150,151] рассматривают мегаполис как «совокупность пересекающихся экосистем, специфический конструкт, возникающий в результате объединения человеческих, технологических, информационных и природных элементов в единой пространственно-распределенной системе». Положительные эффекты в агломерационных процессах подробно описаны в работах Манаевой И. Н.

«Во-первых, это комфортная среда и более высокое качество жизни. Во-вторых, лучшие характеристики промышленной среды. Объединяя на своей территории различные виды экономической деятельности, мегаполис способствует лучшей специализации и диверсификации, формированию связанного разнообразия. В-третьих, мегасити создает благоприятные условия для социальных коммуникаций и выступает в роли посредника» [84]. При обсуждении преимуществ крупных городов внимание акцентируется на трех основных аспектах: неделимости, синергии и физической близости.

В связи с этим, мегасити целесообразно классифицировать как экосистему макроуровня. Мегаполис имеющий высокий уровень экосистемной зрелости предлагаем называть экомегасити [232]. Введем авторское определение экомегасити. Экомегасити — это симбиоз экосистем, формирующий дружелюбность технологического пространства, характеризующийся свойствами самоорганизации, коэволюции и адаптивности. Экомегасити интегрирует процессы кооперации, коллаборации и конкуренции всех акторов с целью обеспечения комфортной и безопасной среды взаимодействия, устойчивого развития, высокого уровня качества жизни каждого из жителей мегаполиса.

В настоящее время происходит становление экомегасити, соответственно, накапливаются данные об этом феномене, предпринимаются попытки сопоставить его с уже устоявшимися феноменами и оценить правомерность введения в научный оборот соответствующего понятия. В первом приближении феномен экомегасити может показаться приближающимся к феномену "умного" города, однако при углубленном рассмотрении мы приходим к выводу об их принадлежности к различным уровням развития пространственных системных образований на основе городских агломераций.

Разрабатывая понятие экомегасити, выделим основные процессы, вносящие существенный вклад в формирование этого феномена:

- диверсификация экосистем в пространстве мегасити;

- активное взаимодействие множества экосистем различных профилей;
- формирование совместных потребностей и интересов экосистем в процессе их взаимодействия в пространстве мегасити;
- формирование в мегасити интегрированной инфраструктурной платформы, обеспечивающей процессы деятельности множества взаимодействующих экосистем;
- роста заинтересованности экосистем в выстраивании сбалансированных и упорядоченных связей со структурами мегасити и его системой управления;
- создание органов регулирования развития экосистем в системе управления мегасити;
- трансляция характеристик экосистем всей целостности мегасити, органическое встраивание их в нее, взаимно преобразующее взаимодействие целого и его интенсивно развивающихся частей.

Анализ и оценку процессов трансформации мегаполиса в экомегасити целесообразно проводить с позиции модульной версии системного подхода, предложенной Г. Клейнером, позволяющей представить систему мегаполиса через объединение следующих подсистем: объектной, процессной, проектной и средовой. Эти подсистемы находятся в определенном пропорциональном равновесии по отношению друг к другу, изменяя и оказывая влияние на эволюцию других подсистем.

«Объектная подсистема мегаполиса имеет пространственную локализацию и теоретически время существования объектов не ограничено. К объектной подсистеме мегаполиса с позиции системного анализа отнесем акторов, которых можно условно классифицировать по следующим группам:

1. Государственные (федеральные) институты власти: органы законодательной и исполнительной власти, судебные, налоговые, таможенные органы и др.

2. Крупный бизнес: центральные офисы транснациональных корпораций, промышленных холдингов, банковско-финансовых групп, международных логистических компаний и др.
3. Малый и средний бизнес: промышленные предприятия, предприятия сферы услуг, индивидуальные предприниматели, стартапы, инжиниринговые, консалтинговые компании и др.
4. Инновационная инфраструктура мегаполиса: научно-технологические комплексы, проектные организации, частные и государственные бизнес-инкубаторы, центры трансфера технологий, инжиниринговые центры и др.
5. Общественные и некоммерческие организации: ассоциации, общественные палаты и советы, благотворительные фонды, представительства крупнейших религиозных объединений/конфессий, больницы и др.
6. Финансовые институты: Центральный банк; Казначейство, Торгово-промышленная палата, валютные и фондовые биржи, научные и венчурные фонды и др.
7. Представительства международных организаций: ООН, ОЭСР, World Bank, Всемирная организация здравоохранения, Евразийская экономическая комиссия, посольства и др.
8. Культура и образование: образовательные учреждения, университеты, музеи, театры, галереи и др.» [190, 232]

Именно принципы взаимодействия этих акторов между собой, темпы развития экосистемных интеграций и уровень коллаборации между ними будет оказывать самое непосредственное влияние на преобразование мегаполиса в экомегасити.

Еще один подход к исследованию феномена экомегасити базируется на теории макрoгенераций И. Р. Пригожина [81]. На примере экосистем США он показал, что в любой момент времени в моделируемой экосистеме действует несколько макрoгенераций, каждая из которых движется по своей траектории и, достигнув максимума своего развития, начинает постепенно

угасать. Важнейшим направлением дальнейших исследований являются процессы самоорганизации экосистем в экомегасити, как основополагающая характеристика экосистемных образований.

К экосистемам мезоуровня относят территориальные экосистемы, которые в свою очередь объединяют региональные экосистемы, экосистемы городов, кроссотраслевые промышленные экосистемы, образовательные экосистемы и др. Фактически это новый подход к пространственному территориальному развитию, когда единицей анализа является территориальная экосистема. Экосистема территории является частью национальной экосистемы и включает в себя целое множество экосистем микроуровня. «Акцент на экосистемы, а не на отрасль, предприятие или регион, позволяет максимально задействовать имеющийся потенциал (природный, человеческий, научно-технический и т. д.) данной территории. Экосистемы, формируя особую среду развития, связывают между собой города, центры промышленного производства с удаленными районами (местными сообществами). Таким образом, можно говорить о том, что устойчивые территориальные экосистемы способствуют развитию местных сообществ и влияют на пространственное развитие всей страны» [233].

Территориальная цепочка создания конечного продукта – это «система устойчивых производственных, инновационных, организационно-экономических, управленческих отношений между экономическими агентами, расположенными на определенной территории и производящими продукцию и услуги, представляющую собой взаимосвязанные технологические переделы».

Другой подход к определению экосистема территории связан с концепцией устойчивого развития и определяет ее как триаду из гуманитарных, технологических и экологических симбиозов, формирующихся через гармоничное взаимодействие.

Для концептуализации понятия «экосистемы микроуровня» рассмотрим основные теоретические подходы к экосистемам,

присутствующих в научной литературе. Классификация экосистем микроуровня имеет крайне расплывчатый и непоследовательный характер, что осложняет применение термина в научных исследованиях. Например, ряд ученых используют термины «бизнес экосистема» и «предпринимательская экосистема» в качестве синонимов (Overholm, 2015) [214], тогда как другие (Acs Z.J., Stam E., Audretsch D.B., O'Connor) [135], определяют ими отдельные виды экосистем. Существенно расходятся мнения исследователей о том, относить ли предпринимательские и инновационные экосистемы к одному типу экосистем (Zahra, Nambisan) [247], или к разным (Adner R., Kapoor R.) [136], либо рассматривать понятие «предпринимательская экосистема» как более широкое, в которое помимо прочего входят и «инновационные экосистемы» (Дорошенко, Шеломенцев) [22]. Аналогичная ситуация с понятиями «цифровая экосистема», «платформенный подход», «экосистема транзакций» (Valkokari, Gawer, Cusumano, Teece, Helfat, Raubitschek) [171,179, 229, 241].

Автором предпринята попытка систематизировать поток исследований, посвященных изучению экосистем, с целью возможного дополнения или подтверждения выделенных подходов. В качестве информационной базы использовалась базы Scopus и Web of Science, проанализированы публикации за период 2012–2022 гг. Результаты анализа библиографического анализа концепции экосистемы представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Понятийный анализ подходов к типологии экосистем

Авторы	Понятие
<i>Предпринимательская экосистема</i>	
К. Мейсон и Р. Браун, [200]	Предпринимательская экосистема представляет собой совокупность взаимодействующих предпринимателей (как существующих, так и потенциальных), организаций (крупные фирмы, венчурные капиталисты, бизнес-ангелы, банки), учреждений (университеты, общественные организации), которые официально или неофициально объединяются для того, чтобы сотрудничать и управлять производительностью в локальной предпринимательской среде
Д. Айзенберг, [184]	Предпринимательская экосистема – это система взаимосвязанных компонентов, определяющих возможности и темпы создания и масштабирования предпринимателями новых устойчивых бизнесов.

ОЭСР, [163]	Предпринимательская экосистема рассматривается с точки зрения трех основных характеристик: наличия возможностей, опытных людей и ресурсов. Указанные характеристики можно представить в виде шести ключевых факторов: нормативного правового регулирования; рыночных условий; доступа к финансированию; исследований и разработок; предпринимательских возможностей; культуры.
Земцов С.П., Бабурин В. Л. [62]	Предпринимательская экосистема – это сети взаимодействия бизнес-агентов различной специализации, формируемые в определенных территориально ограниченных природно-хозяйственных, институциональных и иных условиях
Концепция, разработанная компанией OS&C [163]	Совокупность взаимосвязанных бизнес-структур и организаций (фирм, венчурных компаний, инвесторов-меценатов, банков), учреждений (университетов, государственных организаций, финансовых учреждений), а также методов ведения бизнеса (создание коммерческих предприятий, рост, масштабы «сверхкрупных сделок», количество серийных предпринимателей, степень готовности продать свою компанию, уровень предпринимательских амбиций), которые все вместе обеспечивают наличие не только связей и посреднической среды, но и позволяют управлять эффективностью местной предпринимательской среды.
<i>Инновационная экосистема</i>	
М. Рассел и К. Дэвлин [220]	Сети устойчивых связей между людьми, организациями и их решениями, возникающие на базе совместного видения (shared vision) в отношении желательных преобразований.
Oh, D., Phillips, F [213]	Сетевое сообщество, члены которого комбинируют свои ресурсы на взаимовыгодных принципах ради совместного достижения инновационных результатов.
Т. Munro, [208]	Динамичный и адаптивный организм, который создает, потребляет и трансформирует знания в инновационные продукты.
Granstrand, Holgersson, [175]	Эволюционирующая совокупность акторов, видов деятельности, артефактов, институтов, отношений, а также взаимодополняющие и взаимозаменяющие отношения, которые играют существенную роль в инновационной деятельности центральной фирмы и всей экосистемы в целом.
Pelikka, Ali- Vehmas, [216]	Взаимосвязанная сеть, состоящая из центральной фирмы или платформы и сосредоточенных вокруг нее коммерческих и некоммерческих организаций, которые взаимодействуют друг с другом с целью создания и захвата новых ценностей через инновационную деятельность.
<i>Промышленная (индустриальная) экосистема</i>	
Korhonen, J. [192,193]	Географически связанные промышленные системы, в которых потоки материалов и энергии рециркулируют и порождают устойчивый промышленный продукт как продукт системного уровня. Промышленные экосистемы охватывают всех игроков, действующих в цепочке создания стоимости: от самых маленьких стартапов до крупнейших компаний, от академических кругов до поставщиков исследовательских услуг и поставщиков.
Lowe, E. A., Evans, L. K. [198]	Ориентированы на разработку систем с обратной связью, которые рециркулируют материю в промышленных парках или регионах.
L. Aarikka- Stenroos; P. Ritala [133]	Сообщество иерархически разнородных, но взаимозависимых субъектов, которые производят промышленные товары и услуги в симбиотическом сотрудничестве, рационально используя ресурсы.

Источник: составлено автором

В процессе развития экосистемного подхода происходит эволюция типов экосистем. Например, предпринимательская экосистема может эволюционировать в инновационную экосистему, первая преследует цель получения стоимости, вторая — создание совместной стоимости. Таким образом, произошло смещение фокуса с конкуренции на сотрудничество. Кроме того, все экосистемы микроуровня связаны друг с другом и в совокупности образуют экосистемы мезоуровня.

Согласно платформенному подходу, экосистема представляет собой открытое пространство сотрудничающих и взаимодействующих акторов, сложившееся вокруг ядра (ключевой фирмы). Эта экосистема формируется вокруг многосторонней платформы, которая позволяет акторам и стэйкхолдерам генерировать инновации, и создает дружелюбную среду для реализации и продвижения инновационных продуктов и услуг. Таким образом, цифровые платформы способствуют сложному и динамичному взаимодействию, взаимодополняемости и автоматизированным транзакциям между различными игроками (клиентами, разработчиками, пользователями и поставщиками).

Применение эвристического метода по результатам проведенного библиографического анализа позволило устранить неоднозначность и «расплывчатость» в классификации экосистем микроуровня (рисунок 2.2). Ключевой задачей любой экосистемы является повышение интеграционного потенциала и обеспечение конкурентоспособности акторов экосистемы. По мере увеличения числа экосистем в экономике возрастают «силы притяжения» – факторы, обуславливающие сотрудничество и согласованное развитие самостоятельных хозяйствующих субъектов

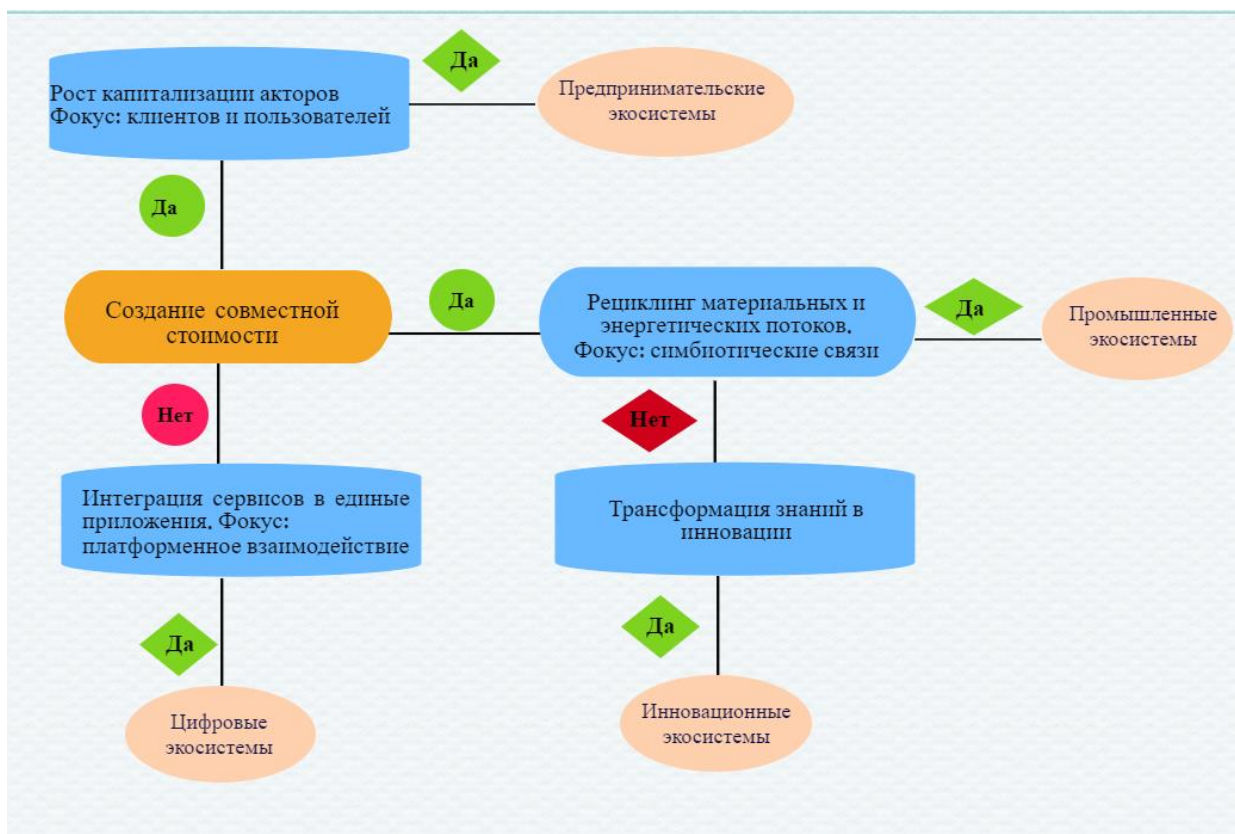


Рисунок 2.2 - Алгоритм идентификации экосистем микроуровня по критерию целевые установки

Источник: составлено автором

Применение экосистемного подхода ограничивается рядом факторов:

- описание границ экосистемы для определения состава акторов, их ролей, и оценки ее эффективности;
- формирование аналитических метрик. Очевидно, что существующие показатели эффективности отдельных организаций, отраслей и регионов не применимы к экосистемам, а совместное создание стоимости в настоящее время описывается в виде концепции или отдельных кейсов;
- разработка механизма оценки акторов с позиции экосистемного взаимодействия;
- формирование системы критериев для оценки проектов, акторов и экосистемы в целом с учетом стадий жизненного цикла;
- разработка методических подходов к оценке устойчивости и зрелости экосистем.

2.2 Комплексная модель ЖЦ проектов, промышленных акторов и экосистем

Модели жизненного цикла как концепция получили значительное распространение в последнее десятилетие, возникнув по аналогии с процессами, происходящих у живых организмов. Жизненные циклы есть у всего, что нас окружает: государства, организации, отрасли, проекта, технологии, продукта. «Концепция жизненного цикла позволяет моделировать закономерности развития того или иного объекта и может быть использована как своеобразный обобщенный показатель при определении перспектив устойчивого развития предприятий, отраслей и других объектов и систем в стратегической перспективе» [100] .

В научной литературе первые наблюдения волнового или циклического характера экономических процессов относятся к середине XIX века. В 1847 году английский инженер Хайд Кларк обращает внимание на временной промежуток между двумя мировыми экономическими катастрофами. В 1860-х годах Карл Маркс разрабатывает теорию циклических кризисов, которая дает толчок к изучению феномена длинных волн. Далее советский экономист Николай Кондратьев выдвигает теорию циклов экономической конъюнктуры, или длинных волн продолжительностью 45–60 лет [56]. Применение метода базируется на понимании взаимосвязей между фазами экономической волны и сценариями развития организаций в краткосрочной и долгосрочной перспективах. На технологическом уровне метод позволяет провести так называемую «технологическую разведку», то есть увидеть горизонты технологических изменений и произвести оценку технологий с целью определения перспектив для инвестиций.

На основе теории длинных волн была разработана концепция жизненного цикла технологических укладов (ТУ). Согласно классическому определению, «технологические уклады – это группы совокупностей технологически сопряженных производств, выделяемых в технологической структуре экономики, связанные друг с другом однотипными

технологическими цепочками и образующие воспроизводящиеся целостности» [100]. Каждый такой уклад представляет собой целостное и устойчивое образование, в рамках которого осуществляется полный макропроизводственный цикл, включающий добычу и получение первичных ресурсов, все стадии их переработки и выпуск набора конечных продуктов, удовлетворяющих соответствующему типу общественного потребления.

На рисунке 2.3 проиллюстрирован жизненный цикл ТУ с учетом фаз длинных волн Кондратьева. Жизненный цикл ТУ описывается двумя последовательными кривыми. Первая из них отражает эмбриональную фазу его развития в условиях доминирования предшествующего ТУ. После достижения пределов роста происходит переход экономики на понижающую фазу «длинной волны» и депрессию, которая влияет не только сложившиеся, но и новые промышленные производства. Вследствие общего ухудшения экономической конъюнктуры снижается инвестиционная и инновационная активность, новый подъем которой начинается с переходом нового технологического уклада в фазу роста, которая описывается многократно более масштабной кривой, отражающей подъем всей экономики на новой технологической основе.

В силу охарактеризованных выше закономерностей технико-экономического развития и воспроизводства общественного капитала жизненный цикл ТУ на поверхности экономических явлений отражается в форме «длинной волны» экономической конъюнктуры с фазами, соответствующими этапам этого цикла. Фаза депрессии соответствует этапу зарождения соответствующего ТУ, фаза оживления – этапу его становления, фаза подъема «длинной волны» – этапу его роста, фаза рецессии – этапу его зрелости, характеризуемому исчерпанием возможностей дальнейшего экономического роста, продолжение которого становится возможным с переходом к новому ТУ. Фаза роста нового ТУ сопровождается не только снижением издержек производства, происходящим особенно быстро с формированием его воспроизводственного контура, но и перестройкой

экономических оценок в соответствии с условиями его воспроизводства [123].

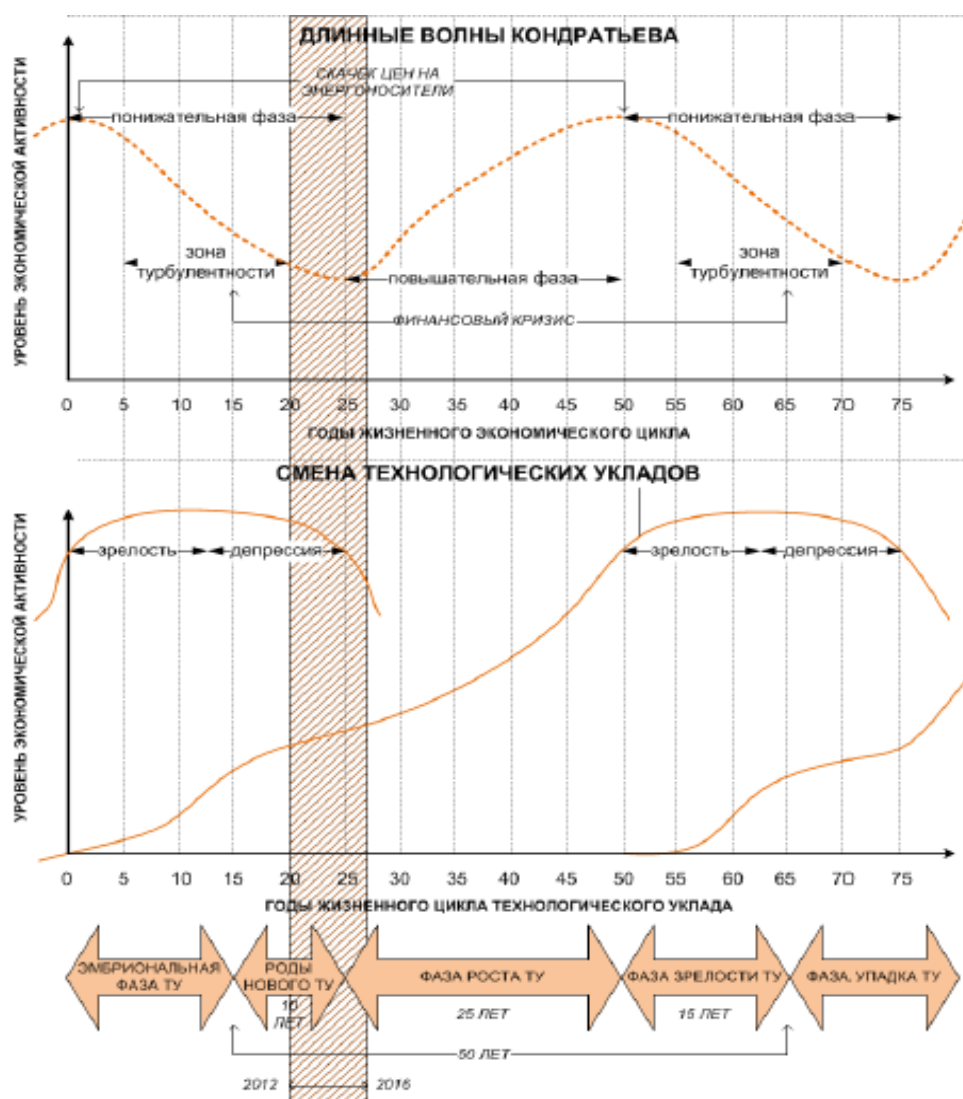


Рисунок 2.3 - Жизненный цикл технологического уклада

Изменение соотношения цен способствует повышению эффективности составляющих новый ТУ технологий, а с вытеснением традиционного ТУ – эффективности всего общественного производства. Наиболее четко эти изменения проявляются в периодически происходящих колебаниях цен на энергоносители – с резкого повышения этих цен начинается падение эффективности доминирующего ТУ и процесс его замещения новым, более эффективным. По мере роста последнего энергоемкость общественного производства сокращается, падает спрос на энергоносители, снижаются цены

на них, а также на энергоемкие материалы и сырье, что создает благоприятные условия для возобновления экономического роста на базе нового ТУ.

В теории и практике существуют различные подходы к определению стадий жизненного цикла технологического уклада, отрасли, промышленного предприятия, продукта, технологии. «В полном жизненном цикле любой системы всегда присутствуют типовые стадии, каждая из которых имеет характерные только для неё цели и вносит свой вклад в полный жизненный цикл. К числу ключевых параметров жизненного цикла различных объектов относят момент возникновения и исчезновения объекта, общую продолжительность и продолжительность каждой стадии, показатели, которые характеризуют состояние объекта на каждой стадии и другие» [56].

Модель жизненного цикла отрасли, используемая на сегодняшний день в стратегическом управлении, была описана Майклом Портером в 1980 году. Портер считал, что «уровень зрелости рынка оказывает сильное влияние на степень и интенсивность конкурентной борьбы, а также устанавливает определенные правила конкуренции в отрасли» [78]. А значит, компания должна понимать степень развития отрасли для формирования эффективной стратегии выживания и захвата рынка. Модель описывает развитие отрасли в виде линии продаж во времени, которая называется кривая жизненного цикла отрасли. По динамике кривой можно выделить четыре стадии зрелости рынка, которые отличаются между собой по продуктовым инновациям. Жизненный цикл отрасли может меняться под воздействием спроса, развития конкуренции, появления и распространения новых знаний (таблица 2.2). Модель является общей, но в отдельных отраслях есть и различия. Длительность отдельных этапов жизненного цикла в разных отраслях может сильно различаться.

Таблица 2.2 - Эволюция отраслевой структуры и конкуренции в течение ЖЦ

Факторы	Рождение	Рост	Зрелость	Спад
Спрос	Ограничен покупателями, имеющими высокий доход	Стремительный рост количества покупателей	Массовый рынок, замена, повторные покупки. Хорошо осведомленные и чувствительные к цене покупатели	Сокращение количества покупателей
Технология	Конкурирующие технологии. Быстрое появление инновационных товаров	Стандартизация на основе доминирующей технологии. Быстрое появление инновационных процессов.	Повсеместное распространение технических ноу-хау: стремление к технологическому усовершенствованию	Малочисленные инновации в области товаров и процессов
Товары	Низкое качество. Широкий спектр характеристик и технологий. Частые изменения в дизайне	Дизайн и качество улучшаются. Появляется доминирующий дизайн	Тенденция превращения в товар массового потребления. Попытки дифференцироваться с помощью брендинга, качества и комплектации	Предметы потребления соответствуют нормативным стандартам: нерентабельное дифференцирование
Производство и сбыт	Короткий производственный цикл. Высококвалифицированный труд. Специализированные каналы сбыта	Дефицит мощностей. Массовое производство, конкуренция за дистрибуцию	Появление излишка производственных мощностей. Используется менее квалифицированный труд. Длинные производственные циклы. Дистрибьюторы обслуживают меньше линий товара	Излишки производственных мощностей. Возрождение специальных каналов сбыта
Торговля	Производители и покупатели в передовых странах	Экспорт товаров из развитых стран в остальные страны мира	Производство перемещается в новые индустриальные страны, а затем в развивающиеся страны	Экспорт из стран с самыми низкими издержками на заработную плату
Конкуренция	Мало компаний	Вход новых компаний, слияния компаний и выход	Разорение мелких компаний. Усиление ценовой конкуренции	Ценовые войны, уход с рынка
Ключевые факторы успеха	Инновационные товары. Установление устойчивого имиджа фирмы и ее	Производственный дизайн. Доступ к дистрибуции. Создание	Эффективность затрат с помощью интенсивного использования капитала, эффекта	Низкие накладные расходы. Выбор покупателя. Подача сигналов

	продукции	сильного бренда. Быстрая разработка товаров. Инновационные процессы	масштаба и низких затрат на старте. Высокое качество	о верности своим обязательствам. Возможности рационализации
--	-----------	--	--	--

Источник: составлено автором на основе [56, 68, 172]

Необходимость таких моделей вызвана задачей выстраивания эффективных стратегий на каждой стадии развития с учетом свойственных данной стадии проблем и целей и, аккумулируя все имеющиеся на данной стадии ресурсы. Модели жизненного цикла, как правило, наиболее полезны для анализа отрасли в периоды относительной стабильности.

Модель развития отрасли представляет собой описание её консолидации — изменение распределения долей рынка между конкурентами во времени: начало, рост, специализация, равновесие. В рамках данного исследования особый интерес представляет 4-й этап — равновесие, так как именно здесь начинаются интеграционные процессы, в том числе с применением экосистемных и циркулярных моделей (рисунок 2.4). Для отраслевых лидеров этап равновесие означает ограничение возможностей для дальнейшего роста, что подталкивает их к интеграции внутри отрасли или в новых отраслях, на других территориях. Малые и нишевые компании, занимая сумму 20%–25% рынка, получают шанс для роста, ими интересуются отраслевые инвесторы. Вход в отрасль через создание новой компании может принести успех только при стратегии, направленной на изменение структуры отрасли. Это означает высокий риск и огромные инвестиции. Приобретение нишевой компании с удачной бизнес-архитектурой является более целесообразным вариантом входа, если целью является рост на новом витке консолидации в отрасли. При этом важно понимать, что политические и экономические причины могут задержать или вообще исключить возобновление консолидации, что характерно для так называемых «стратегических» отраслей.

Различные концепции жизненного цикла компаний рассматривались в трудах таких ученых, как И. Адизес, А. Даун, Л. Грейнер, Д. Кац, Р. Кан, К. Камерон, Р. Куинн, Кушелевич Е.А., Пригожин А. И., Филонович С.Р. и др.[56, 64]

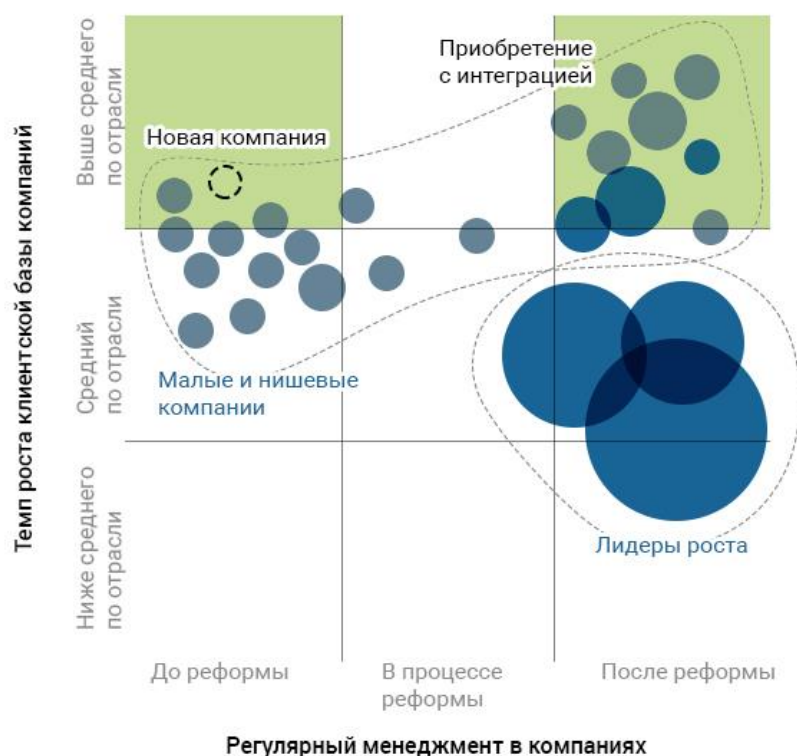


Рисунок 2.4 - Стратегии развития компаний на этапе ЖЦ отрасли равновесие.

Источник: составлено автором

«Модель жизненного цикла И. Адизеса включает такие этапы, как «рождение» (формирование организации), «младенчество» (период максимальных усилий, необходимых для реализации замысла), «быстрый рост» (период финансовой стабильности и увеличения объема продаж), «юность» (обеспечение профессионального управления и выбор направлений развития, использование четких процедур), «расцвет» (формализация организационной структуры, функций контроля и мотивации), «стабилизация» (появление чрезмерного ощущения комфорта, сокращение интенсивности научно-исследовательской деятельности, зарождение стадии старения), «аристократизм» (формализация деятельности, приобретение новых идей и разработок, отсутствие гибкости по отношению к рыночным

изменениям, отказ от высокорискованных решений), «ранняя бюрократия» (уменьшение эффективности деятельности, зарождение конфликтов), «поздняя бюрократия» (отсутствие направленности на изменения, повышение инертности организации), «смерть» (прекращение деятельности)» [100] .

Л. Грейнер предложил выделить стадии - «развитие на основе инноваций», «рост на основе управления», «трансформация через делегирование», «рост на основе координации» и «развитие на основе сотрудничества» [164]. По его мнению, переход от одной стадии к другой осуществляется в результате революционного преобразования, как способа разрешения кризисной ситуации (рисунок 2.5). Длительность эволюционного периода компании колеблется в зависимости от отрасли и составляет в среднем от 4–8 лет. В молодых и развивающихся отраслях компании растут стремительно, эволюционные этапы сменяются быстро. В зрелых отраслях эволюционная стадия развития компании проходит очень медленно.

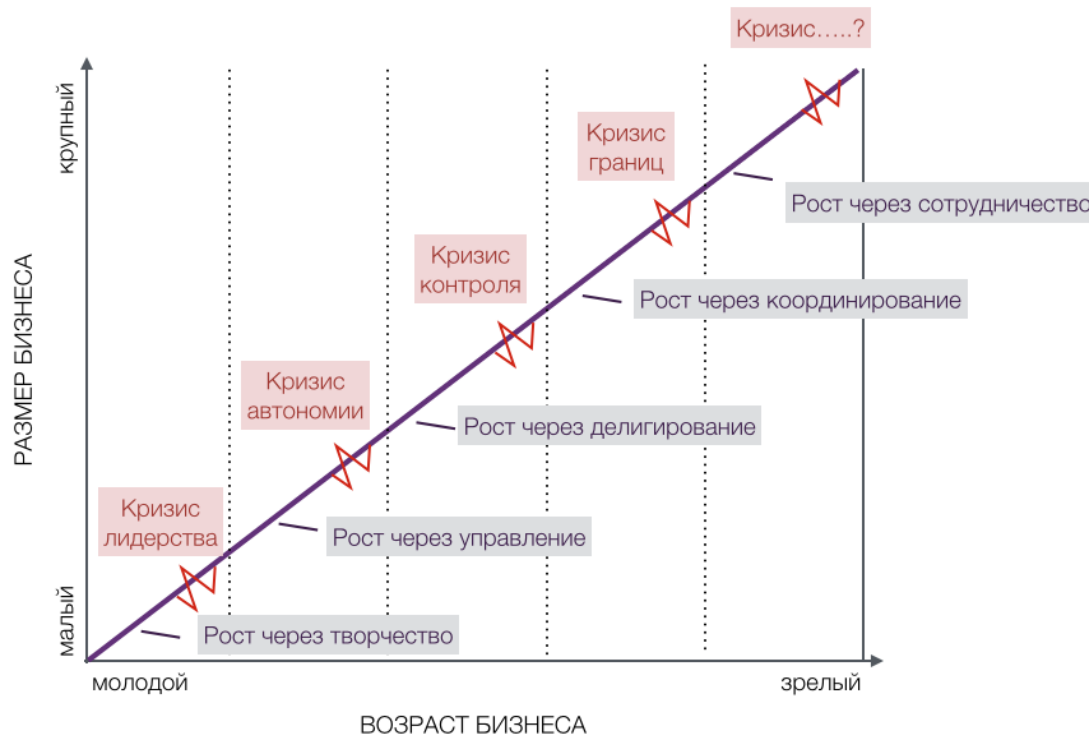


Рисунок 2.5 - Стадии развития компании - Модель ЖЦ Ларри Грейнера, [164].

По результатам изучения и анализа ЖЦ отрасли и организации можно сделать вывод, что применение экосистемной модели интеграции экономически целесообразно при нахождении отрасли в стадии ЖЦ – равновесие, а промышленные предприятия (акторы) должны находиться на стадии «развитие на основе сотрудничества».

Стандарт ISO 15704:2019 «Industrial automation systems» определяет жизненный цикл системы как «стадии процесса, охватывающие различные состояния системы, конечный набор общих фаз и этапов, через которые система может проходить в течение своей истории жизни» [164]. Учитывая данный подход, концепцию ЖЦ промышленной экосистемы можно сформулировать следующим образом: эволюция процессов от возникновения идеи с ее последующей разработкой, внедрением в производство и продвижением инновационного продукта. Отличительной особенностью промышленных комплексов и экосистем является их ориентация на разработку и внедрение новых технологий, оборудования и инновационной продукции, обеспечивающих конкурентоспособность в долгосрочной перспективе. Соответственно ключевым критерием интеграции промышленных акторов являются стадии жизненного цикла экосистемных проектов и технологий.

ЖЦ любого проекта включает, как правило, четыре стадии: инициация, разработка, реализация и контроль. Стадий проектов экосистемы больше уже потому, что такие проекты включают в себя процессы генерирования знаний, разработки и конструирования, обучения, переливы знаний между акторами, переливы знаний между экосистемами. При этом ЖЦ экосистем могут различаться от уровней (микро, макро и мезо), а стадии различаться составом акторов, участвующих них. На рисунке 2.6 представлено шесть возможных стадий жизненного цикла промышленной экосистемы.

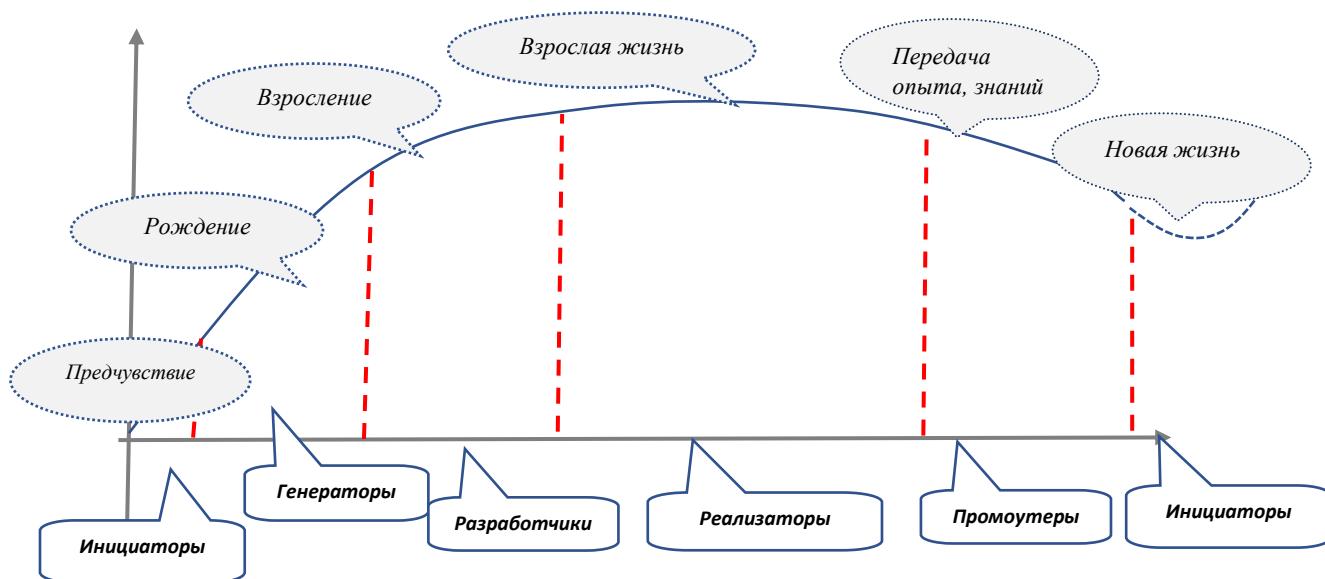


Рисунок 2.7 - Жизненный цикл проекта в экосистеме

Источник: составлено автором

Стадиями жизненного цикла проектов в промышленной экосистеме можно назвать следующие:

1. **Предчувствие.** На этой стадии возникает осознание необходимости перемен. Это пока еще только намек идеи. Эта стадия экосистемы включает акторов - инициаторов. Такими акторами могут стать крупные промышленные комплексы, которым необходимы процессы трансформации. Университеты, аккумулирующие и генерирующие отечественный и мировой опыт.

2. **Рождение.** Эта стадия конструирования, логической и технологической проработки, описания идеи. Сопоставления идеи с аналогами. Акторами-генераторами этой стадии могут быть инжиниринговые центры, технопарки, венчурные компании, исследовательские структуры, стартапы, консалтинговые компании, финансовые институты. Университеты выступают на этой стадии акторами-интеграторами, определяющими тех, кто в состоянии сгенерировать ту или иную идею.

3. **Взросление.** На этой стадии формируются команды для реализации проекта. К акторам предыдущей стадии подключаются промышленные предприятия.

4. **Взрослая жизнь.** Эта стадия непосредственной реализации проекта. Акторами - реализаторами выступают промышленные предприятия, на которых идет внедрение проектов и те акторы, кто участвовал в разработке этих проектов.

5. **Передача опыта, знаний.** Одна из основных задач экосистемы – перелив знаний. Акторами этой стадии являются университеты, промышленные предприятия, промышленные выставки, маркетинговые кампании.

6. **Новая жизнь.** Новые вызовы требуют новых изменений преобразований, трансформаций. Эта стадия преобразования опыта прошлых проектов в новые проекты.

Таким образом, на различных стадиях жизненного цикла отдельного проекта экосистемы в нем могут принимать участие разные акторы.

Концепция ЖЦ технологий в современной научной литературе практически не изучена. Жизненный цикл технологических нововведений представляет собой совокупность последовательно сменяющих друг друга различных этапов инновационного процесса. Для каждого этапа характерны сопутствующие им экономические риски.

Наибольшее распространение к представлению жизненных циклов технологий получили следующие подходы:

1. S-образные логические кривые жизненного цикла технологии. Наиболее известная кривая Фостера базируется на теории о пределах эффективности и отражает зависимость между затратами, связанными с развитием технологии, и результатами от ее использования. «Сначала идет медленный процесс формирования информационно-технологических и экономических взаимосвязей, обеспечивающих применение технологии. Эту фазу медленного вызревания предпосылок воспроизводства технологии называют часто эмбриональной. В этой фазе, как правило, существует множество альтернативных вариантов применения новой технологии» [100]. По мере создания производственных возможностей ее дальнейшего развития,

включая практическое освоение новой техники, формирование интеграционных связей, становление рынков сбыта, обучение персонала, вызревают предпосылки для взрывного роста данной технологии. «Начинается процесс ее распространения, она пользуется спросом, в нее вкладывается капитал и ее распространение переходит в экспоненциальный режим подъема – фазу роста. Этот взрывной рост замедляется по мере достижения технологией пределов совершенствования с точки зрения технических возможностей и насыщения рынка. Наступает фаза зрелости, в которой технология выходит на стабильный режим воспроизводства. Темпы ее расширения падают, она занимает определенный сегмент в технологической структуре экономики» [100].

Фостером была предложена типология технологий: инновационные, «как результат реализации новых знаний; прогрессирующие - находятся на ранней стадии развития; ключевые – относятся к перспективной области научно-технологического развития; базовые - традиционные технологии, применяемые в рамках большинства производственно-технологических процессов; вытесняемые являющиеся неперспективными с точки зрения применения. Данная типология технологий показывает, что с течением времени стратегические роли технологий меняются, что находит отражение в трансформации технологий из категории новых в категорию вытесняемых» [169].

2. «Зодиакальный» (12-этапный) жизненный цикл технологии.

«Первый этап - идея. Основной риск данного этапа – неверная оценка потребностей в той или иной технологии (продукте или процессе).

Второй этап - воплощение. Это один из критически важных этапов жизненного цикла любой технологии. Основными рисками являются невозможность технологического воплощения выдвинутой идеи, отсутствие приемлемых технологических решений, а также неверная технологическая оценка результатов проведенных исследований.

Третий этап - обоснование. Здесь происходит технико-экономическое обоснование полученных разработок. Основной риск данного этапа заключается в неверном проведении расчетов, направленных на оценку эффективности технологий, подлежащих дальнейшей разработке.

Четвертый этап - сопоставление. Варианты, прошедшие технико-экономическую экспертизу на предшествующем этапе, сопоставляются с существующими (предшествующими) аналогами. Основной риск – наличие конкурентоспособных аналогов.

Пятый этап - испытание. Основной риск заключается в неправильной подготовке испытания, в частности нарушение правил стандартизации и сертификации.

Шестой этап – внедрение. Данный этап характеризуется множеством рисков различного рода, в том числе риски, связанные с ошибками, допущенными при разработке маркетинговой стратегии.

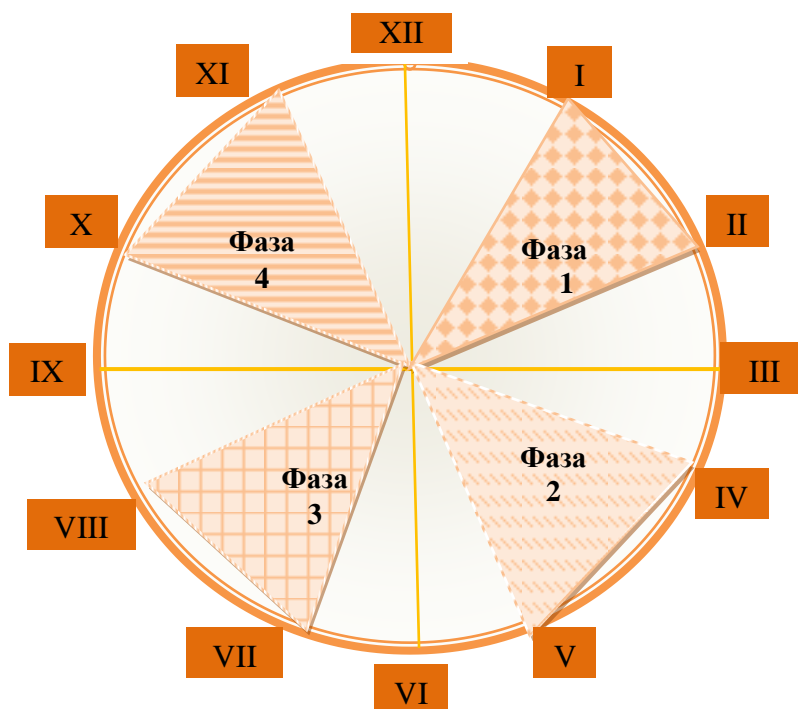
Седьмой этап – адаптация. Здесь происходят сбор и обработка информации о реакции рынка (внешней среды) на внедренное нововведение и частичная адаптация рыночной тактики предприятия к сложившейся внешней среде. Основной риск данного этапа – неверная интерпретация рыночных сигналов, характеризующих реакцию рынка на данное нововведение.

Восьмой этап - модификация. На данном этапе происходят конструктивные изменения созданной технологии в соответствии с потребностями рынка.

Девятый этап - распространение. Применение данного нововведения в тех или иных его вариантах становится массовым в пределах данного локального рынка, увеличивается выпуск продукции, удешевляется единица продукта. Основной риск состоит в том, что применение данного нововведения (продукта или процесса) практически полностью выходит из-под контроля фирмы-разработчика.

Десятый этап - зрелость. В этот период нововведение находит свое оптимальное производительное применение, что становится возможным благодаря его воздействию на развитие смежных, сопряженных и

Двенадцатый этап - замещение. Это период спада в развитии данной технологии, когда нововведение, уже не обеспечивающее общественно нормальных условий производства, покидает производственный процесс. Эти этапы могут быть представлены в виде «зодиакальной» схемы (рисунок 2.7), где условная «линия», отделяющая первые 6 этапов жизненного цикла от последних 6 этапов, разграничивает нововведение как «вещь в себе» и нововведение как «вещь для нас».



Источник: [64].

Описанные этапы жизненного цикла нововведений можно сгруппировать в четыре фазы, выражающие логику внутренней (технологической) динамики нововведения: «этапы 1–3 - зарождение, этапы 4–6 - освоение, этапы 7–9 - диффузия, этапы 10–12 - старение. В соответствии с внешней логикой (экономической) первая стадия (этапы 1–4) характеризует период разработки нововведения до момента выхода на рынок. Вторая стадия (этапы 5–8) описывает собственно выход на рынок, а третья стадия (этапы 9–12) содержит информацию о результатах его внедрения в производство» [64].

3. Кривая жизненного цикла технологии Гартнера (*англ. Gartner Hype Cycle*) – «графическое отображение цикла зрелости технологий, представляющего собой поэтапный процесс, через который проходит любая инновационная бизнес-модель или технология от стадии «хайпа» до продуктивного использования». В 1995 году компания Gartner предложила для планирования термин «hype cycle», отражающий кривую зрелости технологий. Модель Гартнера предназначена для определения профиля инноваций, то есть помогает отраслевым лидерам и инвесторам провести оценку потенциальных возможностей новых технологий для бизнеса. Кривая ЖЦ технологий состоит из 5 фаз: «инновационный триггер»; «пик завышенных ожиданий»; «пропасть разочарования»; «склон просветления»; «плато продуктивности». Основная полезность кривой Гартнера состоит в возможности объективного рассмотрения инновационных инструментов и технологий.

Анализ указанных подходов к построению моделей жизненных циклов технологии позволяет заключить, что эффективность использования технологии увеличивается в случае появления положительного опыта ее применения и ее признания потребителями. Характерные особенности технологической динамики определяются посредством выявления условий, воздействующих на смену стадий жизненного цикла одной технологии и трансформации (переключение на новую технологию), сопряжения

различных технологических процессов в развитии крупных производственных систем. *Технологическая сопряженность обуславливает синхронность в развитии производственных комплексов различного уровня.*

В настоящее время практически отсутствуют научно обоснованные инструменты, позволяющие обеспечить согласованность (сопряженность) жизненных циклов технологий, проектов и продукции, реализуемых промышленными акторами в экосистемах. Это не позволяет в полной мере раскрыть технологический, интеграционный, циркулярный потенциалы промышленной экосистемы и обеспечить эффективную инновационную деятельность. Решение задачи, связанной с формированием взаимосвязей между проектами, технологиями и продукцией, производимой в промышленных экосистемах, может быть реализовано посредством обеспечения согласованности стадий их жизненных циклов с учетом ЖЦ отрасли и технологического уклада.

Решение задачи, связанной с формированием взаимосвязей между проектами, технологиями и продукцией, производимой в промышленных экосистемах, может быть реализовано посредством обеспечения согласованности стадий их жизненных циклов (ЖЦ). Под моделью жизненного цикла экосистемы будем рассматривать структуру процессов и действий, связанных с жизненным циклом, организуемых в стадии. Особенностью модели ЖЦ экосистем является многовариантность стадий жизненного цикла в зависимости от различных условий реализации каждого конкретного проекта. Поэтому для оценки промышленной экосистемы автор предлагает использовать спиральную модель жизненного цикла, состоящую из 4-основных стадий, которые могут быть не только последовательными, но и перекрываться во времени друг с другом. Схема работы спиральной модели выглядит следующим образом. Разработка и инициация инновационных проектов представляется как набор циклов раскручивающейся спирали. Каждому циклу спирали соответствует такое же количество стадий, как и в модели ЖЦ проекта (каскадная модель ЖЦ). В каждом цикле выделяются

четыре базовые фазы: определение целей, альтернативных вариантов и ограничений; оценка альтернативных вариантов; разработка проекта следующего уровня, планирование следующей фазы. "Раскручивание" проекта начинается с разработки концепции экосистемы (рисунок 2.8).

1. Стадия разработки концепции (Design).

Целью стадии разработки концепции является анализ «новых возможностей в сфере применения экосистемы, разработка предварительных системных требований и возможных проектных решений. Стадия разработки начинается с осознания необходимости создания новой экосистемы или модификации уже имеющейся. Стадия включает в себя исследования, планирование, оценку экономических, технических, стратегических и рыночных основ будущих действий. Осуществляется диалог между потенциальными акторами экосистемы, стейкхолдерами и разработчиками. Заканчивается эта стадия построением архитектуры системы» [64].

Основные цели стадии разработки концепции [68]:

- Провести исследования, установив, что является необходимым для новой экосистемы, а также оценить техническую и экономическую целесообразность данной системы, ее устойчивость.
- Изучить потенциально возможные концепции экосистемы, сформулировать и подвергнуть валидации набор требований к эффективности функционирования системы.
- Выбрать наиболее привлекательную концепцию системы, определить её функциональные характеристики, разработать детальный план последующих стадий проектирования, производства и оперативного развертывания системы.

2. Стадия разработки и становления экосистемы (Build)

«Стадия разработки подразумевает процесс проектирования системы для реализации функций, сформулированных в концепции системы, которые могут поддерживаться и успешно эксплуатироваться в своей среде» [64].

При определении структуры экосистемы автор предлагает выделять уровни, характеризующиеся количеством связей. В ядро помещаются акторы экосистемы, имеющие наибольшее количество связей, а на периферию – наименьшее.

Основными целями стадии разработки являются:

- Выполнение разработки прототипа системы, отвечающего требованиям эффективности, надежности, и безопасности.
- Формирование структуры экосистемы.
- Определение границ экосистемы и разработка траектории (стратегии) развития каждого актора системы.
- Оценка состояния экосистемы на базе интегральных характеристик сетевых взаимодействий.

3. Стадия функционирования (Operation and Maintenance)

Как правило, самый длинный этап жизненного цикла экосистемы, в течение которого реализуются мероприятия, направленные на поддержание и повышение эффективности функционирования экосистемы. Осуществляется поиск оптимальной конфигурации системы для адаптации к внешним и внутренним изменениям. Управление процессами, связанными с обеспечением жизнеспособности системы.

4. Стадия экосистемной зрелости. Эта фаза ЖЦ характерна только для сетевых форм интеграции, в том числе экосистем. В промышленных экосистемах экосистемная зрелость – это постепенная замена или увеличение количества эффективных акторов и связей между ними, что в итоге приводит к сбалансированному развитию экосистемы и синергии. Особенностью стадии экосистемная зрелость является наличие нескольких сценариев дальнейшего развития экосистемы, которые зависят не только от влияния эндогенных и экзогенных факторов, но и от типа и уровня экосистемы.

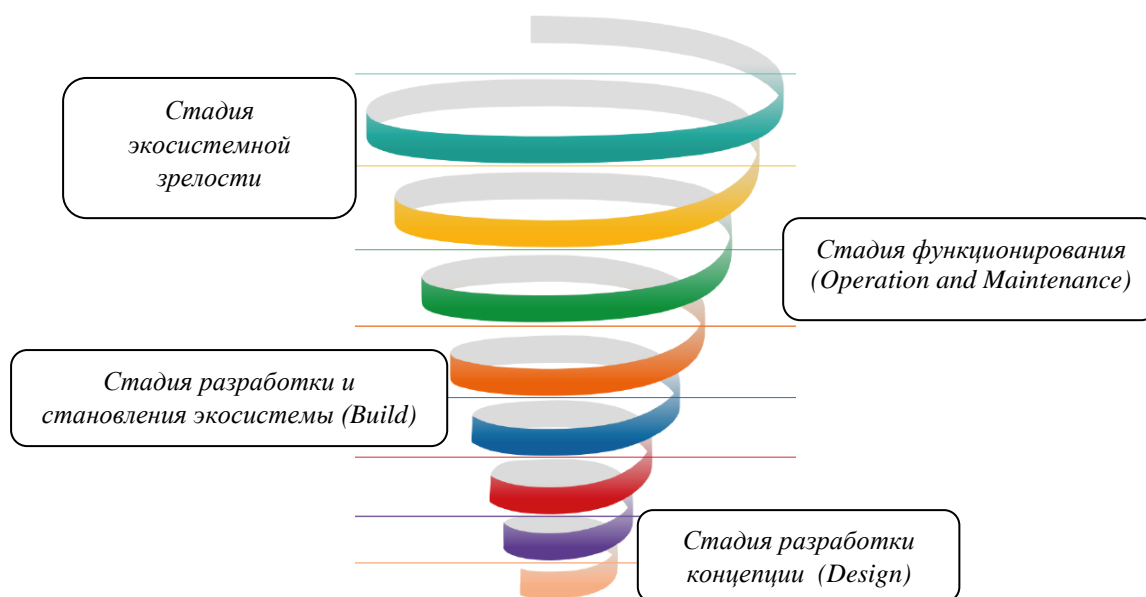


Рисунок 2.8 - Жизненный цикл промышленной экосистемы

Источник: собственная разработка автора

Первый сценарий – «рост». За счет увеличения числа акторов и связей между ними постепенно формируется мультиэкосистема - среда, в которой параллельно существует множество вариаций функционирования экосистем микроуровня, каждая из которых имеет свой набор стратегий развития. Архитектура мультиэкосистемы выстраивается на основе сложных сетей (безмасштабные сети), в которых относительно небольшое число узлов (акторов) содержит большое число связей, а большинство узлов содержит лишь несколько связей. Однако этот сценарий возможен, прежде всего, для цифровых (платформенных) экосистем. В промышленных экосистемах есть предел роста, так как основные промышленные акторы географически связаны и должны находиться на одной территории, чтобы обеспечить симбиотические связи в рамках экосистемы. Соответственно для промышленных экосистем, находящихся на стадии ЖЦ «Экосистемная зрелость» данный сценарий развития, не подходит.

Второй сценарий - «перерождение». Экосистема получает новые ресурсы для развития за счет последовательной замены одного актора другим

под воздействием внешних и внутренних факторов. «При устойчивом развитии экосистемы сукцессия заканчивается формированием устойчивой стадии жизненного цикла. Акторы продолжают развиваться в рамках экосистемы. Паттерны жизненного цикла выделяют в зависимости от распределения различных рисков по стадиям цикла» [56].

Каждый актор экосистемы развивается в соответствии со своим жизненным циклом, где последовательно происходит смена стадий развития. В жизненном цикле акторов важно выделить две фазы:

- ✓ актор потребляет значительные ресурсы для своего становления и развития;
- ✓ при достижении предела роста ресурсы направляются на трансформацию.

Третий сценарий – «почкование». Экосистема развивается через деление, то есть на базе одной экосистемы вырастают другие экосистемы, которые начинают развиваться по своей траектории, но при этом не теряют связь с базовой экосистемой. Четвертый сценарий – «стагнация». Экосистема перестает активно развиваться и постепенно перестает существовать.

Отметим некоторые особенности спиральной модели ЖЦ экосистемы:

- Количество циклов модели не ограничено и определяется сложностью и объемом задачи.
- Каждая итерация представляет собой законченный цикл разработки, приводящий к реализации инновационного проекта.
- Неполное завершение работы над проектом на каждом этапе позволяет переходить к следующему проекту, не дожидаясь полного завершения работы над текущим.
- В модели предполагаются возвраты на первоначально отклоненные варианты проектов при изменении стоимости рисков.

Таким образом, экосистемная модель позволяет формировать посредством добровольного партнерского объединения особую дружелюбную среду для генерирования и реализации инновационных

проектов в самых различных областях. Это способствует открытости акторов экосистемы к внешним вызовам через интеграцию ресурсов, знаний, информации, технологий, компетенций, обеспечивая устойчивое развитие.

2.3 Трансфер технологий и открытые инновации как механизм взаимодействия в экосистемных моделях

Существующие исследования в области трансфера технологий использовали разные подходы для формирования и управления ими. Трансфер технологий охватывает большой спектр видов деятельности, связанных с технологическим развитием. В основу традиционного сетевого подхода к трансферу технологий заложены исследования Миллера, который характеризуют традиционный трансфер технологий как организационно-ориентированную модель, сочетающую в себе модель тройной спирали Ецковица и концепцию множественности многообразия Керра. Концепция открытых инноваций, которая впервые была сформулирована Чэсборо, позволяет преодолеть географические, институциональные и дисциплинарные барьеры за счет открытости НИОКР, диффузии технологий, обмена знаниями между университетами, научными лабораториями, инжиниринговыми центрами, поставщиками, потребителями, центрами трансфера технологий. Эта концепция является своеобразным развитием практики и методологии трансфера технологий, расширяя ее до трансфера знаний и позволяя системно взглянуть на бизнес-модель компании с учетом необходимости разработки инновационных продуктов.

«Стратегической целью создания сети трансфера является объединение усилий участников сети для стимулирования развития промышленной кооперации, трансфера технологий и знаний между промышленными предприятиями, научными организациями и высшими учебными заведениями. Основными задачами сети являются:

- продвижение инноваций, содействие в передаче результатов интеллектуальной деятельности, а также прав на их использование между

физическими и юридическими лицами с целью их последующего внедрения и/или коммерциализации;

- выявление промышленных предприятий, научных организаций, высших учебных заведений, заинтересованных в технологическом сотрудничестве и оказание им содействия в преодолении барьеров, связанных с реализацией проектов по трансферу технологий;
- поиск партнеров для технологической кооперации;
- расширение технологической кооперации путем вовлечения в производственный процесс большего числа предприятий промышленности;
- выявление и использование технологических рыночных ниш для реализации инновационных решений и продукции (технологий)
- развитие рынка инжиниринговых услуг
- создание благоприятных условий для развития связей и интегрирование малых и средних промышленных предприятий в экономическую систему» [74].

В России ключевую роль в государственной поддержке процесса трансфера технологий играют структуры, входящие в так называемые «Институты развития», которые являются инструментами государственной политики, стимулирующими инновационные процессы и развитие инфраструктуры. «Среди основных игроков здесь выступают ОАО «Российская венчурная компания», Государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий», Фонд содействия инновациям, Фонд Сколково. Основная цель институтов развития - преодоление так называемых «провалов рынка» для решения задач, которые не могут быть оптимально реализованы рыночными механизмами, для обеспечения устойчивого экономического роста и диверсификации экономики. Их деятельность в сфере поддержки трансфера технологий отличается по тематическим приоритетам, а также целевым группам потенциальных получателей содействия. В мае 2016 г. решением Правительства РФ было создано Агентство по технологическому развитию, основной целью которого

является создание условий для осуществления трансфера отечественных и иностранных технологий и развития высокотехнологичного производства промышленной продукции на территории Российской Федерации. В период с 2000 по 2021 гг. в РФ было предпринято несколько инициатив по реализации сетевых моделей трансфера технологий» [47]. (Приложение 1).

В связи с тем, что трансфер технологий — это «сложный и многомерный процесс, механизмы технологического трансфера делят на три группы:

- ✓ Трансфер технологий через их лицензирование.
- ✓ Трансфер технологий через движение человеческого капитала.
- ✓ Трансфер технологий через сотрудничество в сфере НИОКР и инноваций.
- ✓ Создание стартап компаний с привлечением сторонних инвесторов (венчуров, бизнес-ангелов) (start-up, spin-off, spin-on)» [118].

Существуют две «базовые модели развития центров по продвижению технологий¹:

1) ЦТТ является самостоятельным юридическим лицом, учредителем которого могут быть несколько организаций. Эта модель направлена, прежде всего, на продвижение инноваций в регионы путем формирования благоприятной среды для налаживания связей между научно-исследовательскими организациями, вузами и хозяйствующими субъектами.

2) ЦТТ создается на базе конкретного вуза или научно-исследовательской организации и не является самостоятельным юридическим лицом. В данном случае деятельность центра направлена исключительно на результаты научно-исследовательской деятельности — конкретного университета и заключается в обслуживании администрации университета, представителей фирм, органов исполнительной власти, отдельных ученых, инженеров, изобретателей, предпринимателей, то есть

¹ Российская сеть трансфера технологий. URL: <https://rttn.ru/about-the-network>

всех лиц, заинтересованных в коммерциализации интеллектуальных ресурсов университета.

3) ЦТТ является одним из ключевых участников (акторов) многоуровневой инновационной экосистемы. Роль и функции ЦТТ будут зависеть от уровня экосистемы».

В результате проведенного исследования было установлено, что на практике применяются следующие сетевые модели трансфера технологий:

1. Сеть, как инструмент поддержки реализации инновационных проектов транснационального трансфера технологий, а также европейских научно-технологических программ. Наиболее успешным примером здесь является Европейская сеть поддержки предпринимательства (EEN). Также в эту группу можно включить различные ассоциации (сети), объединяющие организации поддержки инновационного бизнеса (бизнес-инкубаторы, инновационные центры, технопарки), созданные в рамках национальных инновационных программ.

2. Сеть технологических брокеров – ассоциация, объединяющая профессионалов в сфере трансфера технологий.

3. Специализированные (тематические) сети трансфера технологий, создаваемые как специальные проекты. Пример: центр трансфера технологий РАН и РОСНАНО.

4. Технологические маркетплейсы – сети, реализующие концепцию открытых инноваций и объединяющие заказчиков и провайдеров технологических решений. Пример: «Российская сеть трансфера технологий»

Оценка результативности деятельности по трансферу технологий в соответствии с индикаторами результативности, используемыми в Enterprise Europe Network (EEN), позволила выделить наиболее эффективные российские ЦТТ. Это, прежде всего, центры трансфера технологий, созданные на базе НИИ и университетов, имеющих статус НИУ. Рассмотрим наиболее успешные и интересные практики.

Работа Северо-Западного Центра Трансфера Технологий (СЗЦТТ) направлена на выстраивание "конвейера" по серийному созданию и "выращиванию" стартапов. На базе научно-технических разработок Центр создает стартовые малые инновационные компании с целью доработки технологии до коммерческого состояния и дальнейшей продажи компании, лицензии или патентов.

«Центр трансфера технологий и коммерциализации Новосибирского государственного университета (НГУ) обеспечивает комплексное развитие инновационной экосистемы университета, синхронизацию работы с объектами инновационной инфраструктуры региона, а также развитие кооперации НГУ с высокотехнологичным бизнесом. Особенностью ЦТТ НГУ является высокий уровень сетивизации НГУ - сертифицированный член российской сети по трансферу технологий (RTTN), региональный центр RTTN по работе с Юго-Восточной Азией; официальный участник партнерской сети АНО "Агентство по технологическому развитию" и соглашения о сотрудничестве в сфере создания и функционирования Евразийской сети трансфера технологий, активным пользователем международных сетей трансфера технологий Innoget, IPI Singapore. Центр трансфера перспективных технологий (ЦТПТ) Всероссийского общества изобретателей и рационализаторов создали платформу, работающую по принципу «Единого окна» для внесения изобретательских и инновационных предложений и проектов».

Развитая инновационная инфраструктура МИЭТ стала основой для формирования целого кластера малых и крупных научно-производственных предприятий, которые активно участвуют в научно-образовательной деятельности вуза и функционируют в рамках единых стратегических приоритетов, связанных с продвижением отечественной электронной продукции и разработок в особо важных областях. Совместно с Департаментом инвестиционной и промышленной политики города Москвы реализован крупномасштабный проект «Технополис» .

Для реализации трансфера технологий организация должна создать сеть внешних партнеров, обладающих экспертизой в требуемых технологиях. Сетевой подход включает множество компонентов при своей практической реализации, которые должны быть объединены в рамках хорошо отработанных бизнес-процессов. Ключевые элементы успешного трансфера технологий:

- регулярный мониторинг, а также прогнозирование запросов крупных корпораций;
- проверенная база экспертов для привлечения в процесс трансфера технологии с целью оценки разработки и др.
- сформированные навыки коммуникации в бизнес-сообществе.

Важным инструментом функционирования сети центров трансфера технологий является создание информационно-технологической платформы, которая позволит обеспечить эффективные коммуникации между участниками трансфера, автоматизировать его ключевые бизнес-процессы, а также сформировать единый реестр промышленной коллаборации.

Выводы к главе 2

1. Представлена концепция формирования и развития многоуровневых экосистем, представляющая собой совокупность разработанных автором взаимосвязанных положений, раскрывающим особенности формирования и развития сетевой структуры промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций. Особенностью данной концепции является классификация уровней экосистем в зависимости от формы создания добавленной стоимости (глобальные, территориальные или локальные цепочки стоимости), реализация которой позволит повысить эффективность коллаборационных взаимоотношений для всех акторов цепочки создания конечного продукта. На глобальном уровне синтезирована дефиниция «экомегасити» как симбиоз экосистем, формирующий дружелюбность

технологического пространства, характеризующийся свойствами самоорганизации, коэволюции и адаптивности.

2. По результатам изучения и анализа ЖЦ отрасли и организации сделан вывод, что применение экосистемной модели интеграции экономически целесообразно при нахождении отрасли в стадии ЖЦ – равновесие, а промышленные предприятия (акторы) должны находиться на стадии «развитие на основе сотрудничества». Рассмотрены подходы к моделированию ЖЦ экосистем. Особенностью модели ЖЦ экосистем является многовариантность стадий жизненного цикла в зависимости от различных условий реализации каждого конкретного проекта. Поэтому для оценки промышленной экосистемы как единой системы, реализующей портфель инновационных проектов, использована спиральная модель жизненного цикла, состоящая из 4-основных стадий, которые могут быть не только последовательными, но и перекрываться во времени друг с другом. При достижении стадии «экосистемная зрелость» экосистемы имеют несколько возможных сценариев развития (рост, перерождение, почкование, стагнация), зависящих не только от влияния эндогенных и экзогенных факторов, но и от типа и уровня экосистемы.

3. Предложена организационно-ориентированная модель взаимодействия авторов в экосистемах на основе трансфера технологий, сочетающая в себе модель тройной спирали Ецковица и концепцию множественности многообразия Керра. Стратегической целью создания сети трансфера является объединение усилий участников сети для стимулирования развития промышленной интеграции, трансфера технологий и знаний между промышленными предприятиями, научными организациями и университетами.

ГЛАВА 3. УСТОЙЧИВОСТЬ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

3.1 Эволюция концепции устойчивого развития

Концепция устойчивого развития (УР) в международной повестке возникла во второй половине 20-го века, когда проблемы окружающей среды и общества стали очевидным фактором, препятствующим стабильному экономическому развитию. Далее концепция эволюционировала в своем формировании в сторону все большего усложнения и комплексности учета экономических, социальных и экологических аспектов (рисунок 3.1). Существенный вклад в становление мировой и национальной концепций устойчивого развития внесли ООН (Комиссия ООН по устойчивому развитию; Программа ООН по охране окружающей среды; Конференция ООН по торговле и развитию и др.), Римский Клуб, Международный институт системных исследований (Австрия). Проблемами формирования концепции устойчивого развития и его измерения занимались такие зарубежные и отечественные исследователи, как Г. Х. Брутланд, К. Линнеруд, Э. Холден, К. Френкен, Донелла Х. Медоуз, Д. Медоуз, Й. Рандерс, У. В. Беренс, Дэйли Г., Д. Стиглиц, А. Сен, Ж.-П. Фитусси, Бобылев С. Н., Шимов В. Н., Гусаков Г. В. [2,203,227]. В 2000 г. была подписана Декларация Тысячелетия ООН, состоящая из восьми глав.

В 2012–2015 гг. переход к устойчивому развитию окончательно определился как главное направление развития человечества в XXI в. «В 2012 г. всеми странами – членами ООН была поддержана стратегия будущего человечества, базирующаяся на концепции устойчивого развития, в основе которой лежит переход к «зеленой» экономике. В декабре 2015 г. было одобрено Парижское соглашение о борьбе с изменениями климата, и в качестве важнейшей задачи здесь отмечена необходимость формирования в

мире низкоуглеродной экономики, которая является одной из форм «зеленой» экономики» [3-5].

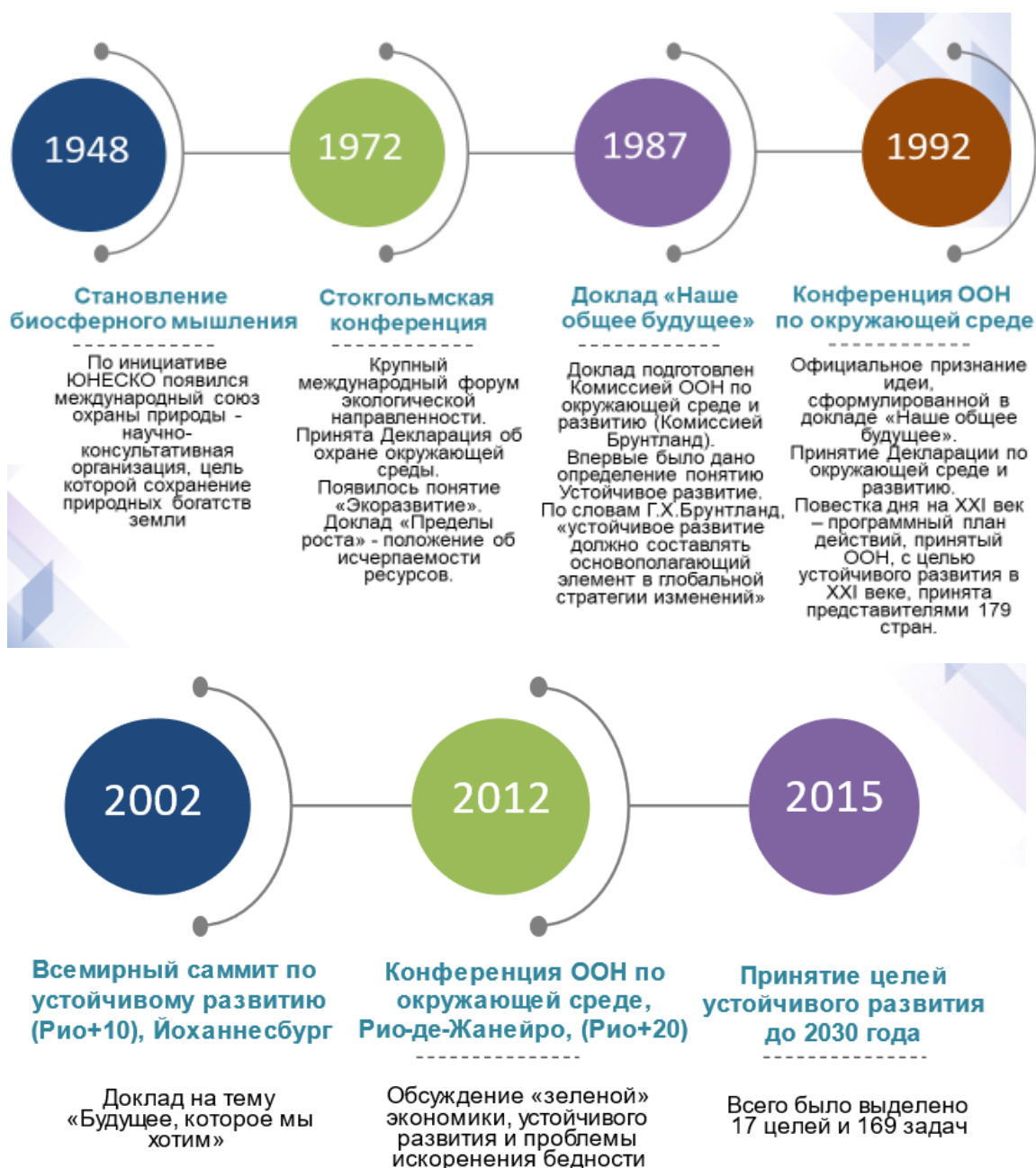


Рисунок 3.1 - Основные этапы развития концепции устойчивого развития

Источник: составлено автором на основе [6-9].

В итоговом документе Конференции ООН (2012) «Будущее, которого мы хотим» содержатся «принципиальные положения по трансформации сложившейся в мире экономической модели. Концепция зеленой экономики не заменяет собой концепцию устойчивого развития. Однако сейчас все

более широко признается тот факт, что достижение устойчивости почти полностью зависит от формирования «правильной» экономики. Зеленая экономика структурами ООН определяется как экономика, которая повышает благосостояние людей и обеспечивает социальную справедливость и при этом существенно снижает риски для окружающей среды и ее деградации» [239]. Приоритетной чертой роста зеленой экономики является снижение выбросов парниковых газов и радикальное повышение энергоэффективности. В связи с этим широкое распространение получил термин «низкоуглеродная» экономика (lowcarbon economy).

Важно определить структуру и охват зеленой экономики на перспективу. «В контексте идентификации поиска путей экологического развития до 2050 г. конструктивен опыт Европейского Сообщества, в рамках которого разработана политика перехода к зеленой экономике к середине XXI в. (2010–2050 гг.), намечены основные цели и задачи экологической политики в связи с таким переходом. Макроэкономический и секторальный подходы к формированию зеленой экономики используются в документах ООН, Европейского Сообщества. Например, в концептуальных документах развития Европы до 2050 г. зеленая экономика отождествляется с системой, объединяющей экосистемы (природный капитал), экономику (физический капитал) и общество (человеческий и социальный капиталы), выделяются соответствующие цели» [235]. В настоящее время наблюдается все больше признаков появления новой экономической модели в мире и отдельных странах. Многие государства активно разрабатывают экономические программы, в которых значительное место занимает экологическая компонента. Здесь можно отметить документы многих стран по сокращению выбросов парниковых газов до 2030-2050 гг., План Европейского Сообщества, американские и китайские программы по сокращению выбросов парниковых газов к 2030 и 2050 гг., китайский «зеленый план» и т.д. Огромными темпами в мире идет трансформация энергетики в направлении увеличения доли возобновляемых источников энергии при сокращении доли

угля. Переход к зеленой экономике в разных странах будет происходить по-разному, поскольку он зависит от специфики природного, человеческого и физического капиталов каждой страны, уровня ее развития и социально-экономических приоритетов, экологической культуры общества. Документы ООН, связанные с концепцией устойчивого развития, получили поддержку всех стран мира. Это позволяет говорить об устойчивом развитии как об официальной парадигме эволюции человечества в XXI в.

Основы концепции устойчивого развития были заложены в докладе ООН по окружающей среде «Наше общее будущее». «С этого момента под термином устойчивое развитие стали понимать такой тип развития, когда человечество удовлетворяет свои текущие потребности, не лишая этой возможности будущие поколения. «Устойчивое развитие (англ. sustainable development), также гармоничное развитие, сбалансированное развитие — процесс экономических и социальных изменений, при котором природные ресурсы, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития, развитие личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений» [243]. Эксперты Всемирного банка определили устойчивое развитие как процесс управления совокупностью (портфелем) активов, направленный на сохранение и расширение возможностей, имеющихся у людей. Активы в данном определении включают не только традиционно подсчитываемый физический капитал, но также природный и человеческий капитал.

В современной трактовке устойчивое развитие предполагает повышение качества жизни всего населения планеты без увеличения масштабов использования природных ресурсов до степени, превышающей возможности Земли как экологической системы. Усилия по формированию устойчивого образа жизни предполагают комплексный подход к деятельности в трех ключевых областях:

Экономический рост и справедливость - применение комплексного подхода к стимулированию долгосрочного экономического роста.

Сохранение природных ресурсов и охрана окружающей среды – поиск экономически приемлемых решений проблемы сокращения потребления ресурсов, прекращения загрязнения окружающей среды и сохранения природной среды обитания.

Социальное развитие – удовлетворение потребностей людей в рабочих местах, продовольствии, образовании, энергии, медицинской помощи, воде и санитарии; бережное отношение к богатому культурному и социальному разнообразию и соблюдение прав трудящихся; обеспечение возможностей всех членов общества участвовать в принятии решений, влияющих на их дальнейшую судьбу.

Экономическая составляющая концепции устойчивого развития включает принципы экономики замкнутого цикла – уменьшение ресурсоемкости, замещение невозобновимых ресурсов возобновимыми, восстановление нужных компонентов из переработанных отходов, рециркуляция отходов, многократное использование продукции. Следовательно, в основе концепции лежат следующие принципы:

1) устойчивость развития экономических систем, которая определяется динамикой изменения результата и потребляемых ресурсов, т. е. долей интенсивных и экстенсивных факторов в достижении результата;

2) подчинение количественной оценки классификации типов экономического развития в зависимости от динамики изменения результата и потребляемых ресурсов правилу «золотой пропорции» и теории катастроф;

3) рассмотрение устойчивого развития как процесса и как состояния. Процесс устойчивого развития имеет временной отрезок, в течение которого изменяются его характеристики, выраженные в виде взаимосвязи между зависимыми и независимыми переменными, которые определяют состояние объекта исследования.

Актуальность устойчивого развития и интерес к зеленым инвестициям сформировали новые тренды: раскрытие нефинансовой информации; оценка ESG-показателей (англ. environmental, social, governance) и составление ESG рейтингов; возникновение новых финансовых инструментов. ESG-инвестирование подразумевает, что компания оценивается по трём направлениям: экология, социальное развитие, корпоративное управление. В связи с этим, возникли новые механизмы устойчивого инвестирования – переходные, зеленые, социальные, голубые, устойчивые облигации, которые позволяют инвесторам направлять капитал в проекты для решения экологических и социальных проблем. Инвесторы производят градацию компаний по оценке факторов, выбирая объекты инвестиций в соответствии со своими интересами и набирающих наиболее высокие баллы в социальном, экологическом или экономическом аспекте.

Результаты исследования рынка устойчивых инвестиций Global Sustainable Investment Review, проведенного в 2022 году, показали, что ESG-инвестиции продолжают расти в большинстве регионов мира, а наибольший рост в абсолютном выражении наблюдается в Канаде (рост на 48%), за ней следуют США (42%) и Япония (34%). Рынок устойчивых инвестиций в России имеет большой потенциал, но содержит ряд ограничений на пути становления. В рейтинге Sustainable Development Report 2021, Россия занимает 46-е место.

В «Повестке 2030» отмечено, что «ключевым условием успешной реализации ЦУР признается встраивание их в национальную политику, стратегии и планы и предлагается три варианта действий:

- Ревизия действующих стратегий и планов на национальном, региональном и локальном уровнях и сопоставление с глобальными ЦУР и задачами для выявления несоответствия и возможностей изменения.
- Определение своих собственных национальных целей, руководствуясь глобальными целями, но с учетом национальных условий, и определение достижимых задач.

➤ Разработка стратегии и планов, исходя из ЦУР. Адаптация международной нормативной базы и создание инструментов для поддержки деятельности на национальном уровне» [228].

При подготовке добровольного национального обзора «Об осуществлении Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» было выявлено, что «большинство целей и задач устойчивого развития уже в той или иной мере заложены в основные стратегические и программные документы РФ» [21]. В каждой из отдельных ЦУР Россия в последние годы показывала определенные позитивные результаты развития, среди наиболее успешных можно выделить ЦУР 1 «Ликвидация нищеты», ЦУР 4 «Качественное образование», ЦУР 8 «Достойная работа и экономический рост». В то же время, в отдельных направлениях сохраняются определенные вызовы и угрозы, которые требуют принятия стратегически важных решений. Евразийская организация экономического сотрудничества (ЕОЭС), являющаяся участником Глобального договора ООН выделила шесть главных ценностей Целей устойчивого развития для бизнеса:

- Прямые рыночные возможности, открываемые ЦУР
- Укрепление бренда и дополнительные конкурентные преимущества
- Новые бизнес-модели, обогащенные технологиями и ориентированные на устойчивые результаты
- Лучший опыт взаимодействия и работы с клиентами
- Внутренняя эффективность работы, улучшение процессов и потенциальная экономия ресурсов и затрат
- Расширение возможностей для выполнения социальных обязательств бизнеса.

В рамках данного исследования остановимся более подробно на ЦУР ООН № 12 - рациональное потребление и производство. Одним из решений может стать переход к экономике замкнутого цикла (циркулярной экономике) [211]. «Циркулярность в экономике обеспечивается восстановительным и замкнутым характером. Это система производства и

потребления при максимальной эффективности использования ресурсов, нулевом образовании отходов и минимизации внешних негативных эффектов на окружающую среду» [161]. «Европейская Комиссия приняла ряд документов, содержащих план действий, согласно которому в течение следующего десятилетия промышленность удвоит повторное использование материалов в производственных циклах. В частности, это “План действий по циклической экономике” (Circular Economy Action Plan, 2020), который определяет все ключевые направления и ссылается на ряд уточняющих и детализирующих документов с первоочередными мерами изменений для наиболее ресурсоемких отраслей» [161].

Инструментом обеспечения циркулярности в экономике являются «модели экономики замкнутого цикла, описывающие повторное использование, восстановление и выход на рынок потребительских и промышленных товаров. Использование таких инструментов основано на принципе реализации оставшихся в ходе производства ресурсов и производственных отходов в качестве сырья для предприятий в другой отрасли» [199]. Экономика замкнутого цикла – междисциплинарное понятие на стыке зеленой экономики, промышленной экологии, дизайна «от колыбели до колыбели» и др. Экосистема замкнутого цикла интегрирует интересы компаний, потребителей, исследователей и государства, вовлеченных в различные стадии жизненного цикла взаимосвязанных благ. Так как объекты взаимодействия между различными стейкхолдерами и механизмы координации различаются, выделим несколько подсистем, описывающих отношения в экономике замкнутого цикла:

- Межпроизводственные отношения. Эти системы частично описаны в рамках индустриальной экологии.
- Отношения «производитель – потребитель». К таким системам относятся продуктово-сервисные модели, а также некоторые инструменты реверсивной логистики.
- Модели отношений экономики совместного пользования, в основе

которой – размытие понятий «продавец» и «покупатель», и использование платформ.

- Отношения по созданию и развитию систем.

Общепринятыми являются два подхода к экономике замкнутого цикла.

(1) Подход McKinsey и фонда Эллен Макартур. Основные цели экономики замкнутого цикла: сохранение природного капитала, рациональное использование природных ресурсов, эффективная индустриальная система. Промышленное предприятие может достигнуть этих целей, используя следующие шесть практик (ReSOLVE framework):

- переход на возобновляемые ресурсы, восстановления нарушенного баланса в экосистемах (Regenerate),
- переход к экономике совместного пользования (Share),
- оптимизация использования ресурсов (Optimize),
- замыкание продуктово-ресурсных цепей (Loop),
- цифровизация, замена физических объектов цифровыми (Virtualize),
- переход к наилучшим доступным технологиям (Exchange).

Этот подход удобен для поиска возможностей перехода компании к более ресурсоэффективным моделям.

(2) Подход ОЭСР. Это взгляд на экономику «сверху» для оценки развитости экономики замкнутого цикла через распространенность соответствующих бизнес-моделей. К таким моделям относятся:

- Переход на возобновляемые ресурсы,
- Восстановление ресурсов из отходов,
- Продление жизненного цикла продукта,
- Продуктово-сервисные модели (оказание услуги вместо продажи права собственности на материальный объект),
- Экономика совместного пользования.

Однако подходы (1) и (2) напрямую не предлагают решений для мезоуровня – уровня взаимоотношений предприятий одной и разных отраслей, а также отношений производителей, потребителей товаров,

исследовательских центров, государства. Полное замыкание ресурсных цепей без выстраивания новой системы отношений между стейкхолдерами невозможно. Важность коллаборации, основанной на доверительном партнерстве подчеркивается в ЦУР ООН № 17 – Партнерство в интересах устойчивого развития. «Успешная реализация повестки дня в области устойчивого развития невозможна без налаживания на глобальном, региональном и местном уровнях всеохватывающих партнерских отношений, построенных на принципах и ценностях, общем видении и общих целях, ориентированных на удовлетворение интересов людей и планеты». Для достижения данной цели на локальном уровне необходимо внедрять новые модели интеграционного взаимодействия организаций.

Далее проанализируем этапы развития концепции устойчивого развития в РФ. Ряд ключевых документов, направленных на формирование устойчивого развития был принят в 2017 году: «Поручения Президента РФ по итогам заседания Государственного совета по вопросу «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений» (январь 2017 г.); «Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» (апрель 2017 г.); «Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» (май 2017 г.) [263, 264, 266]. В «Стратегии», отмечается, на территориях, где проживает 74 % населения страны, окружающая среда подвергается существенному негативному воздействию, источниками которого являются объекты промышленности, энергетики и транспорта, а также объекты капитального строительства. В октябре 2021 г. в России была принята «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года». В этом документе подчеркивается взаимосвязь повышения ресурсной эффективности и сокращения углеродоемкости экономики. Главная задача российской экономики на современном этапе, отраженная в основных документах развития страны на среднесрочную и долгосрочную перспективу, — уход от

экспортно-сырьевой модели экономики. Эта задача является центральной и в концепции зеленой экономики. Переход от общетеоретического понимания устойчивости развития к более конкретным и специфическим отраслевым особенностям такого моделирования развития требует дополнительных исследований и обоснований.

3.2 Энтропийный подход к оценке устойчивости промышленных экосистем

Понимание универсальности энтропии как инструмента анализа и оценки различных типов систем приходило постепенно. «Это энтропия Клаузиуса в термодинамике и энтропия Больцмана в статистической физике, энтропия Шеннона в теории информации и энтропия Колмогорова в теории динамических систем и энтропия фон Неймана в квантовой механике. Общим для различных взглядов на понятие энтропии можно считать то, что энтропия — это всегда мера хаоса системы. Но одновременно с этим энтропия является и мерой структурной организованности систем, так как хаос и порядок это не только противоположные, но и взаимодополняющие понятия. Величина значения энтропии характеризует то, как далеко рассматриваемая система отклонилась от упорядоченного структурированного состояния и как приблизилась она к беспорядочному полностью хаотичному бесструктурному однородному виду. Существуют различные определения понятия структура. Как правило, под структурой понимают характер организации элементов и совокупность отношений между элементами системы» [47,118].

Асимметричный характер движения потоков в экономике позволяет предположить существование экономической энтропии, которая управляет этим асимметричным процессом. «Концепция экономической энтропии основана на предположении, что потоки (знаний, информации, денег) в экономике являются аналогом энергии в термодинамике. Переводя эти понятия в систему экономических координат, можно сказать, что увеличение энтропии проявляется внутри экономики в росте неопределенности по

поводу стоимости денег, капитала, товаров, любых ценностей. Все реальные экономические процессы генерируют энтропию. В экономике понятие энтропии объясняет непредвиденное развитие рынка. «Каждый скачок экономического роста за счет сдвига границ экономической системы приводит, с одной стороны, к усложнению экономических взаимоотношений, а с другой – к появлению таких явлений, которые вносили дополнительную неопределенность в систему. Развитие финансовых рынков связано с появлением спекулятивного роста капитала, а отказ от золотого валютного стандарта привел к глобальной денежной инфляции» [79]. Экономический процесс переводит доступную энергию и ресурсы в высокоэнтропийное состояние, причем со скоростью большей, чем это бы происходило естественным образом исходил из того, что в соответствии с законом энтропии полезные (то есть обладающие низкой энтропией) энергии и материалы расходуются в преобразованиях в ходе экономических процессов и возвращаются в окружающую среду в форме отходов с высокой энтропией.

Область применения энтропийного подхода в экономике:

- 1) «Моделирование процессов на финансовых рынках. При этом как правило применение энтропии позволяет качественнее учитывать хаотичность, случайность, сложность, противоречивость, неопределенность, неполноту информации, конфликтность, многокритериальность, альтернативность и обусловленный ими экономический риск» [74].
- 2) Рекуррентный анализ временных рядов в экономике.
- 3) Игровое моделирование ресурсов с целью оптимального распределения ресурсов.

Методология оценки устойчивости промышленной экосистемы связана, прежде всего, с оценкой степени устойчивости отношений между акторами. «Промышленная экосистема является сложной открытой системой, так как она взаимодействует с внешней средой путем передачи энергии в виде информации, знаний, компетенций. Таким системам свойственны

процессы самоорганизации, когда в экосистему подключаются новые акторы и образуются новые связи, и процессы дезорганизации, когда связи по тем или иным причинам разрушаются, а актор выходит из экосистемы. Внешней средой для экосистемы является общество, территории, отрасль, которые взаимодействуют с экосистемой, преследуя свои цели. Так как экосистема является объединением и акторов, и связей между ними, и процессов, то прогнозировать состояние экосистемы, оценивать ее устойчивость невозможно, наблюдая и изучая каждый элемент системы в отдельности. Поведение экосистемы зависит и от внешней среды, и от поведения акторов, и от их взаимодействия между собой» [12].

«Энтропия служит количественной мерой беспорядка в системе. «Чем больше энтропия состояния экосистемы, тем большим числом способов взаимодействия между акторами оно может быть реализовано, тем менее она упорядочено, тем больше самоорганизованности у акторов этой экосистемы. То есть, увеличение энтропии означает увеличение степени свободы актора от внешнего управления, и, следовательно, повышения его самоорганизованности и, как следствие, ответственности за собственное устойчивое развитие» [79].

Обозначим акторов A_i экосистемы E через D_i совокупность целей и потенциалов, характеризующих данного участника $(d_{ir})_1^R$, тогда $\{D_i, (d_{ir})_1^R\}$ будет представлять систему A_i , т. е.

$$A_i = \{D_i, (d_{ir})_1^R\}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (3.1)$$

A_1 – один из акторов, цель которого осуществить проект цифровой трансформации бизнес-процесса, характеризующегося множеством целевых показателей D_1 .

A_2 – другой актор, целью которого является, например, проект разработки уникального датчика контроля за технологическим процессом, характеризующегося целевыми показателями D_2 .

При этом достижение внутренней цели каждого актора A_i будет заключаться в реализации некоторой управленческой траектории, успех

которой зависит не только от внутренней структуры системы. Эффективность внутренних преобразований зависит также от экосреды, в которой функционирует система и, следовательно, от поведений множества других акторов экосистемы и связей между ними. С точки зрения устойчивого развития организационно-экономической экосистемы влияние акторов на нее не однозначно и зависит от:

- а) потенциала актора, то есть наличия у него уникальных технологий, ресурсов, компетенций;
- б) степени связей актора с другими акторами.

С одной стороны, чем больше экосистема включает в себя акторов, тем синергетический потенциал у нее выше и тем устойчивее она к внешним вызовам. С другой стороны, наличие большого множества связей влечет за собой неизбежные риски конфликтов интересов [12].

Степень устойчивости связей между акторами оценим, представив их интересы в виде числовой области, в которой для всех $(d_{ik})_1^n$ верно:

$$f(d_{ik}) = 1, \quad (3.2)$$

где p - есть заданная функция, отражающая позицию того, что некоторый целевой показатель k актора A_i предпочтительнее для экосистемы, чем показатель l актора A_j :

$$d_{ik} > d_{jl} \quad (3.3)$$

Иначе говоря, функция p является нормированной мерой множества целевых показателей экосистемы. В качестве функции p можно использовать вероятность того, что актор A_i экосистемы реализует цель d_{ik} , т. е. $p(d_{ik})$. Тогда $p = m_i / N$, где N – количество целей экосистемы, m_i – число общих целей у акторов. У разных акторов экосистемы могут быть общие цели на определенном промежутке времени.

Возвращаясь к вышеизложенным примерам, для каждого актора своя цель, естественно, предпочтительнее целей других акторов, но с позиции экосистемы в целом на первоочередность реализации проектов в рамках организационно-экономической экосистемы влияют интегральные

показатели, отражающие временной жизненный цикл проекта (чем короче цикл, тем предпочтительнее), скорость его реализации, уникальность проекта, степень важности проекта для других акторов и т.д.

Устойчивость промышленной экосистемы можно определить как способность поддерживать функции потоков энергии в виде информации и знаний между акторами, а также обеспечивать деятельность акторов в соответствии с вышеизложенными принципами экосистемности и сбалансированный по следующим направлениям

- ✓ эффективность бизнес-процессов;
- ✓ отношения с партнерами и клиентами;
- ✓ цифровая зрелость предприятия;
- ✓ восприимчивость к инновациям;
- ✓ управленческая зрелость.

«Экосистемная зрелость, привлекательность каждого актора для других участников системы зависит именно от уровня сбалансированности его внутренних показателей. Несоблюдение принципов экосистемы и несбалансированность показателей влечет к нежелательным изменениям взаимодействий акторов между собой и потерей устойчивости системы в целом» [12].

Но только с позиции количественного подхода к определению целевых показателей экосистемы нельзя охарактеризовать устойчивое поведение экосистемы. «Для этого введем понятие энтропии поведения экосистемы E . *Энтропию поведения экосистемы E* будем рассматривать как качественную характеристику системы, отражающую уровень сбалансированности полезности проектов системы на базе анализа необходимости этих проектов для всех акторов» [79].

Под степенью сбалансированности полезности проектов будем понимать однородность значимости проектов для всех акторов. «Если степень значимости реализации одного проекта одинакова, можно говорить о высокой степени сбалансированности. Если один проект более важен, чем

остальные, то сбалансированность полезности данного проекта находится на низком уровне. Так, например, проект разработки или внедрения цифрового проектного офиса, позволяющего каждому актору эффективно взаимодействовать с другими акторами в рамках реализации своих целей, безусловно, обладает высокой степенью сбалансированности, а реализация частных проектов отдельных акторов характеризуется низкой степенью сбалансированности относительно экосистемы» [12].

Введем категорию предсказуемости поведения экосистемы или непредсказуемости. Если множество целевых установок акторов организационно-экономической экосистемы сильно организовано или равноценно, тогда трудно сформулировать априорные предположения о приоритетности проектов, то есть, какой же проект будет первоначально реализован системой, иначе говоря, поведение системы трудно распознать. Но если множество целевых установок системы является слабо организованным, т. е., если необходимость одного проекта гораздо выше, поведение системы легко предсказать из априорных соображений (рисунок 3.2).

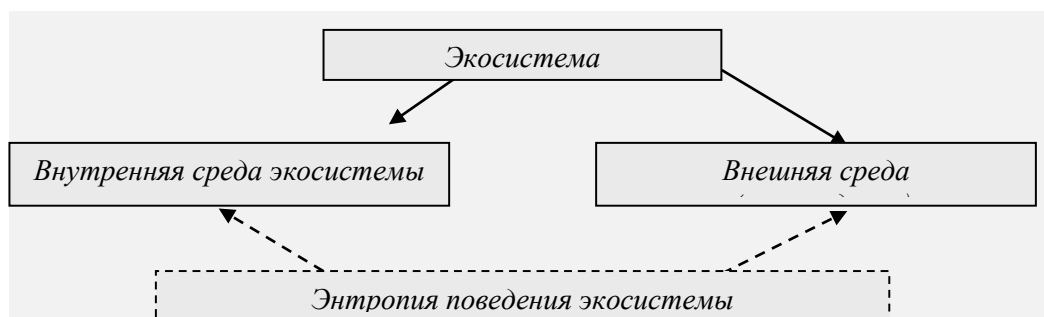


Рисунок 3.2- Интерпретация энтропии поведения экосистемы

Источник: составлено автором

Мера энтропии организационно-экономической экосистемы E или неточная энтропия – это некоторое объединение количественных характеристик акторов A , т. е. как функция количественных характеристик целевых установок.

Если меру энтропии поведения актора A_1 , обозначить $E(A_1)$, то можно представить ее в следующем виде:

$$E(A_i) = E(p_1, \dots, p_n), \quad (3.4)$$

где $p(d_{ik}) = p_i, i = 1, \dots, n$

Чтобы с помощью категории энтропии поведения организационно-экономической экосистемы иметь возможность описывать и анализировать качественные свойства внутренней среды экосистемы, необходимо сформулировать аксиомы, выражающие в точном виде соответствующие свойства. Эти аксиомы таковы:

- 1) $E(p_1, \dots, p_n)$, где $\sum p_i = 1, p_i \geq 0$;
- 2) $E(1) = 0, E(1/2, 1/2) = 1$;
- 3) $E(p_1, \dots, p_{k-1}, 0, p_{k+1}, \dots, p_n) = E(p_1, \dots, p_{k-1}, \dots, p_{k+1}, \dots, p_n)$; (3.5)
- 4) $E(p_1, \dots, q_{k1}, q_{k2}, \dots, p_n) = E(p_1, \dots, p_k, \dots, p_n) + p_k \cdot E\left(\frac{q_{k1}}{p_k}, \frac{q_{k2}}{p_k}\right)$,

где $q_{k1} + q_{k2} = p_k > 0$.

Таким образом, получаем определенную единственным образом меру энтропии поведения экосистемы:

$$E(A_i) = - \sum p(d_{ik}) \log_2 p(d_{ik}) \quad (3.5)$$

«Энтропийное равновесие или энтропийная устойчивость присутствуют, если порядок и организованность уравнивают беспорядок и дезорганизацию. В этом случае система приобретает стабильность. Любое отклонение от точки равновесия приводит к излишней упорядоченности или к чрезмерному беспорядку. Каждая экосистема стремится к энтропийному равновесию ($E_p = E$). Исходя из аксиом, чем сложнее структура экосистемы, чем она больше, тем менее предсказуемым является ее поведение и, наоборот, чем менее организовано множество целевых установок экосистемы, тем более предсказуемым будет ее поведение. Понятие энтропии поведения организационно-экономической экосистемы является категорией, позволяющей описывать

зависимости двух акторов, включенных в ее структуру» [12].

Назовем *средой актора* A_i акторов, включенных в систему A_i в качестве подсистем для реализации целевых установок A_i . Понятно, что каждый актор экосреды имеет свою среду. То есть, A_j может также включить в свою среду актора A_i , что позволяет определить категории зависимости актора от его среды или зависимости между двумя акторами экосистемы. Возможность реализаций целевых установок отдельного актора является его внутренним поведением, посредством которого актор проявляет себя в среде экосистемы. Пусть среда актора A_i является подсистемой среды актора A_j . Тогда, под возможностями реализации целевых установок актора A_i по отношению к среде A_j будем понимать возможности реализации целевых показателей A_i в предположении реализации целевых показателей актора A_j . (рисунок 3.3).

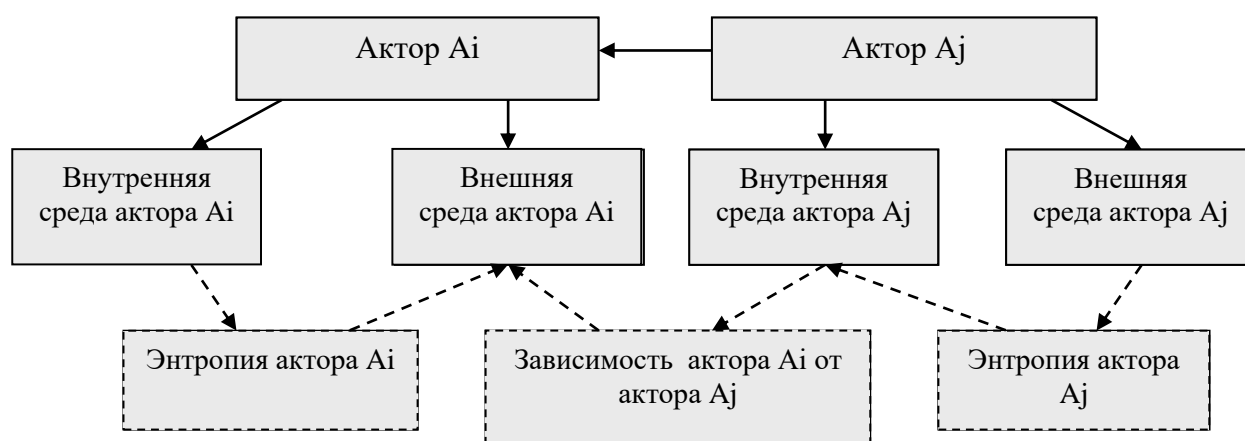


Рисунок 3.3 - Интерпретация зависимости поведения двух систем

Источник: составлено автором

Определив меру измерения зависимости акторов, можно перейти к оценке среды организационно-экономической экосистемы в целом. Считаем, что участники экосистемы могут выполнять в системе разные роли, но каждый актор может одновременно или поочередно исполнять несколько различных ролей в зависимости от разных жизненных циклов реализуемых проектов или жизненного цикла экосистемы. Тогда будем считать роль как часть поведения актора, соответствующая конкретной зависимости. Таким образом, акторы организационно-экономической

экосистемы образуют подсистемы. Множеству этих подсистем акторов можно сопоставить функцию на множестве всех пар акторов, которые удовлетворяют определенным условиям:

- актор независим только сам от себя, два актора всегда зависимы;
- если существует зависимость между A_j и A_i , то в равной степени существует и обратная зависимость A_i от A_j .
- актор A_m зависит от A_i , то зависимость A_m от A_i не уменьшится, если «вставить» A_j в отношение зависимости между A_m и A_i .

Чем больше акторов входит в экосистему и чем больше связей она включает в себя, тем меньше управленческих траекторий, при которых зависимости акторов минимальны.

Рассмотренный энтропийный подход предполагает различную открытость акторов экосистемы. Чем выше степень открытости актора экосистемы, тем более готовой к самоорганизации должен быть актор на всех уровнях принятия решений. Это приводит к большей заинтересованности актора в развитии своего потенциала через реализацию и продвижение различных проектов. Заинтересованность актора в развитии отражается на взаимодействии с другими акторами, что приводит к устойчивому развитию экосистемы в целом.

3.3 Формирование системы показателей для оценки устойчивости промышленных территориальных экосистем на основе энтропии сложных систем

Если рассматривать территорию как сложную социально-экономическую экосистему, состоящую из множества экосистем микроуровня, то оценку ее устойчивости возможно проводить с использованием энтропии. К. Бейли («Теория социальной энтропии») и М. Форсе («Маловероятностный порядок: энтропия и социальные процессы») полагают, что «для социально-экономических систем характерна нестабильность и неравновесность с постоянным колебанием между

организацией и дезорганизацией» [189]. Территорию с позиции устойчивого развития и экосистемного подхода можно также рассматривать как «триаду гуманитарных, технологических и экологических симбиозов, формирующихся через гармоничное взаимодействие». Более подробно данные подходы описаны в работе автора [233]. В связи с вышеизложенным, задачей данного исследования является разработка подхода к оценке устойчивости территории как инструмента обеспечения устойчивого развития локальных сообществ.

Исследование устойчивого развития территорий базируется на теории центрального порядка В. Гейзенберга и А. Позднякова [74,78]. В соответствии с данной теорией экономическое развитие страны зависит от благосостояния человека и качества окружающей среды. «Самоорганизация и развитие экономических агентов (акторов), находящихся на определенной территории возможно при обеспечении негэнтропийный потока энергии (информации, знаний, компетенций, технологий, инноваций) из окружающей среды, на который не требуется затрат энергии, вырабатываемой акторами. Это приводит к экономии затрат каждого актора экосистемы и к аккумуляции энергии, выработанной самим актором и полученной от других участников экосистемы» [12].

Н. Кайтез в своей работе «Философия энтропии. Негэнтропийная перспектива», предложил оценивать устойчивость через «обесценивание капитала на основе энтропийного подхода» [187]. «Энтропия является фундаментальным свойством любых систем с неоднозначным, или вероятностным, поведением». Самоорганизация и развитие приводят к снижению энтропии и возрастанию негэнтропии. «Н. Кайтез определяет энтропию как потери в циркуляции материи и в то же время ущерб, нанесенный человеческой деятельностью. Обесценивание капитала при энтропийном подходе – это капитал, который не был использован или был использован нерационально. В связи с этим, оценка устойчивости территории возможна через энтропию уровня использования совокупного

капитала, созданного функциональными экосистемами региона». Герман Дэйли, объединил «концепцию пределов роста, теории экономики благосостояния, экологические принципы и философию устойчивого развития в модель, которую он назвал экономикой устойчивого состояния» [156].

На рисунке 3.4 представлена территориальная экосистема, описанная через триаду емкостей: гуманитарной, технологической и экологической. На устойчивость территории влияет сбалансированность всех видов капитала, основными из которых в соответствии с концепцией устойчивого развития являются человеческий, природный и производственный капиталы. В свою очередь совокупный капитал территории зависит количества экосистем мезо и микроуровней, и связей между акторами внутри этих экосистем. Неравномерное изменение уровня использования различных видов капитала и необоснованное повышение емкостей приводит к нарушению закона постоянства капитала, сдвигу равновесия и в конечном результате к неустойчивому состоянию территории. Устойчивое развитие регионов возможно только при сбалансированности емкостей, формируемых из капиталов территории.

Неразрывная энергетическая связь между акторами экосистем должна найти отражение в определении критериев и индикаторов, отражающих потоки энергии между ними. Ограничение роста энтропии возможно только при условии, что потребности каждого актора не выходят за рамки разумных, установленных нравственными законами общества, определяемых качеством жизни людей, не причиняющие ущерб другим акторам и окружающей среде. Допущения и ограничения предлагаемой методики:

1. Территория/регион рассматривается как закрытая экосистема.
2. Совокупный капитал территории формируется на основе трех видов капитала – природного, производственного и человеческого.
3. Уровень использования каждого вида капитала оценивается через интегральные показатели.

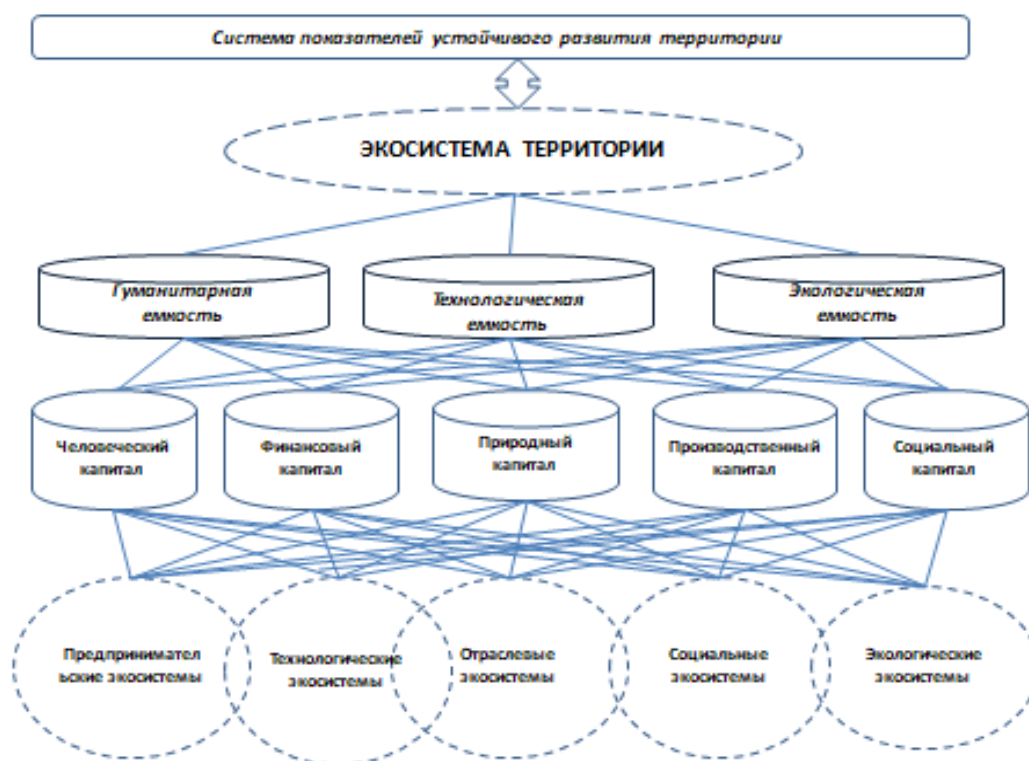


Рисунок 3.4 - Система устойчивого развития территории.

Источник: [233]

В научных исследованиях встречается множество различных видов энтропий и способов их расчета. Энтропия объединения в сложных синергетических системах используется для расчета энтропии взаимосвязанных подсистем. Любые сложные синергетические системы – это открытые неравновесные саморазвивающиеся системы, которые способны на внешние воздействия отвечать самоорганизацией структур. Они имеют свою внешнюю среду, из которой получают все необходимые ресурсы и способны поддерживать свое существование, а также развиваться при помощи циклической структуры связей. Энтропия сложной системы формируется за счет энтропий объектов ее составляющих. Это важное свойство позволяет осуществлять декомпозицию сложной системы при оценке ее устойчивости.

В данной методике мера энтропии экосистемы территории определена на основе адаптированного уравнения Шеннона:

$$H(x) = - \sum_{i=1}^m K_i \log_2 K_i \quad (3.6),$$

где H – энтропия уровня использования совокупного капитала территориальной экосистемы;

K_i – уровень использования капитала i -го вида.

m – количество видов капитала.

i – виды капитала (природный, производственный, человеческий и др.), формирующие совокупный капитал территории

Оценка уровня использования капитала проводится с использованием индексного метода на основе сформированной автором системы сбалансированных показателей (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 - Система сбалансированных показателей для оценки устойчивости территории

Источник: составлено автором

Уровень использования человеческого капитала территории зависит от качества жизни населения, проживающего на определенной территории. Этот показатель учитывает все аспекты условий проживания в регионе. Методика определения уровня качества жизни, предложенная РИА Рейтинг, предусматривает расчет 67 показателей, объединенных в 11 групп с дальнейшим агрегированием значений показателей в группах – уровень доходов населения, освоенность территории и развитие транспортной инфраструктуры, здоровье и образование, уровень экономического развития и другие. Рейтинг регионов составляется на основе балльных оценок с минимальным значением 1 и максимальным 100.

Оценка уровня использования производственного капитала осуществляется через интегральный индекс научно-технического развития региона, при агрегировании показателей, определяющих инновационное, научное и технологическое развитие регионов. Основные показатели – кадровый потенциал инноваций и науки, инновационная активность, технико-экономические основы инновационной деятельности. Итоговый индекс может изменяться от 1 до 100. Уровень использования производственного капитала территории рассчитывается путем деления фактического индекса научно-технического развития региона с его эталонным значением.

Природный капитал является важнейшим видом капитала, определяющим уровень развития промышленных регионов. В связи с этим, оценку уровня использования природного капитала целесообразно проводить с помощью экологического индекса. Экологический индекс – это сводный индекс, полученный путем агрегирования трех индексов – природоохранного, промышленно-экологического и социально-экологического. Уровень использования природного капитала территории определяется на основе сопоставления экологического индекса территории и наилучшего значения данного индекса в рейтинге территорий по стобалльной шкале.

Шкала оценки устойчивости территории представлена на рисунке 3.6. Шкала составлена для определения энтропии совокупного капитала, формируемого всеми экономическими агентами в регионе.

Энтропия объединения описывает возможные состояния устойчивости, в которых может находиться каждая территория. Сильной устойчивостью является стационарное равновесное состояние, слабой устойчивостью - стационарное неравновесное состояние. Нестационарное неравновесное и нестационарное равновесное состояния характерны для неустойчивых территориальных систем.

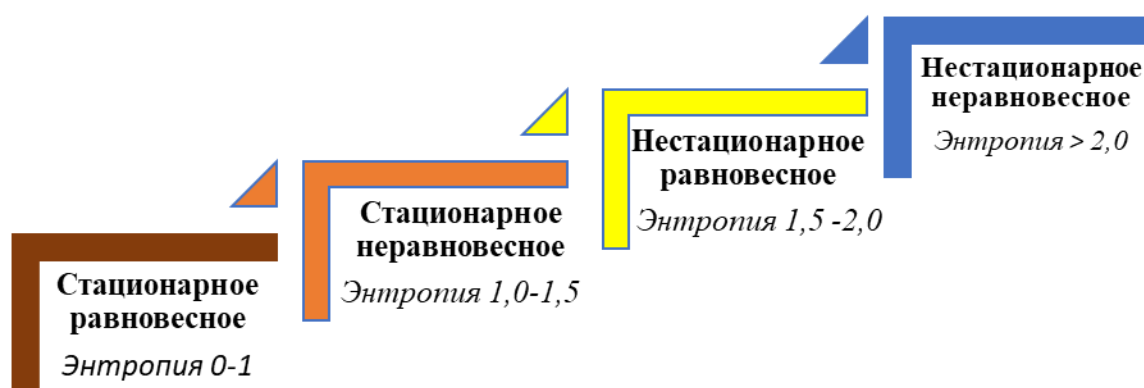


Рисунок 3.6 - Шкала оценки энтропийной устойчивости территории

Источник: составлено автором

Энтропия равна мере беспорядка (хаоса), дезорганизованности, неопределенности только при равновероятности событий. Системы при выходе из устойчивого состояния формируют новые структуры, которые развиваются в соответствии с теорией синергетики. Соответственно, территория тем устойчивее, чем большими адаптивными возможностями она располагает. Количество эффективно функционирующих предприятий, компаний, университетов, инновационных центров и наличие связей между ними определяет уровень энтропийной устойчивости. Кроме того, территории в условиях глобальной неустойчивости могут достигать локальной устойчивости за счет флуктуации экосистем микроуровня, входящих в состав территории.

Автор считает, что «устойчивость развития экосистемы территории определяется такими факторами как:

- a) потенциалами акторов (уникальностью технологий, ресурсов, компетенций), входящих во внутренние экосистемы территории;
- b) степенью связей внутренних экосистем между собой;
- c) степенью связей акторов с другими акторами внутри экосистем;
- d) степенью согласованностью капиталов территории» [12].

И здесь возникает противоречие, которое неизбежно при развитии любой социально-экономической системы. С одной стороны, чем больше внутренних экосистем составляют экосистему территории, чем сбалансированнее капиталы территории, тем устойчивее она к внешним вызовам. С другой стороны, связи, определяемые взаимодействием как внутренних экосистем между собой, так и акторов, влекут за собой неизбежные риски конфликтов интересов.

Соответственно устойчивое развитие территории следует рассматривать как процесс развития потенциала территории за счет формирования совокупного капитала (человеческого, природного, производственного). Е. Лессер и Л. Прусак полагают, что «главным условием устойчивого развития территорий в конкурентной среде является ее интегральный потенциал, источниками развития которого служат ресурсы и знания» [196]. С методической точки зрения «промышленный потенциал - обобщающая количественно-качественная характеристика наличия и возможностей использования совокупности всех видов ресурсов в конкретных условиях места и времени для достижения стратегических целей развития промышленности» [117]. Инновационно-промышленный потенциал территории предлагается оценивать на основе адаптированной методики Смирновой Т. Г. [97] с помощью интегрального показателя. Методика состоит из пяти этапов (рисунок 3.7).

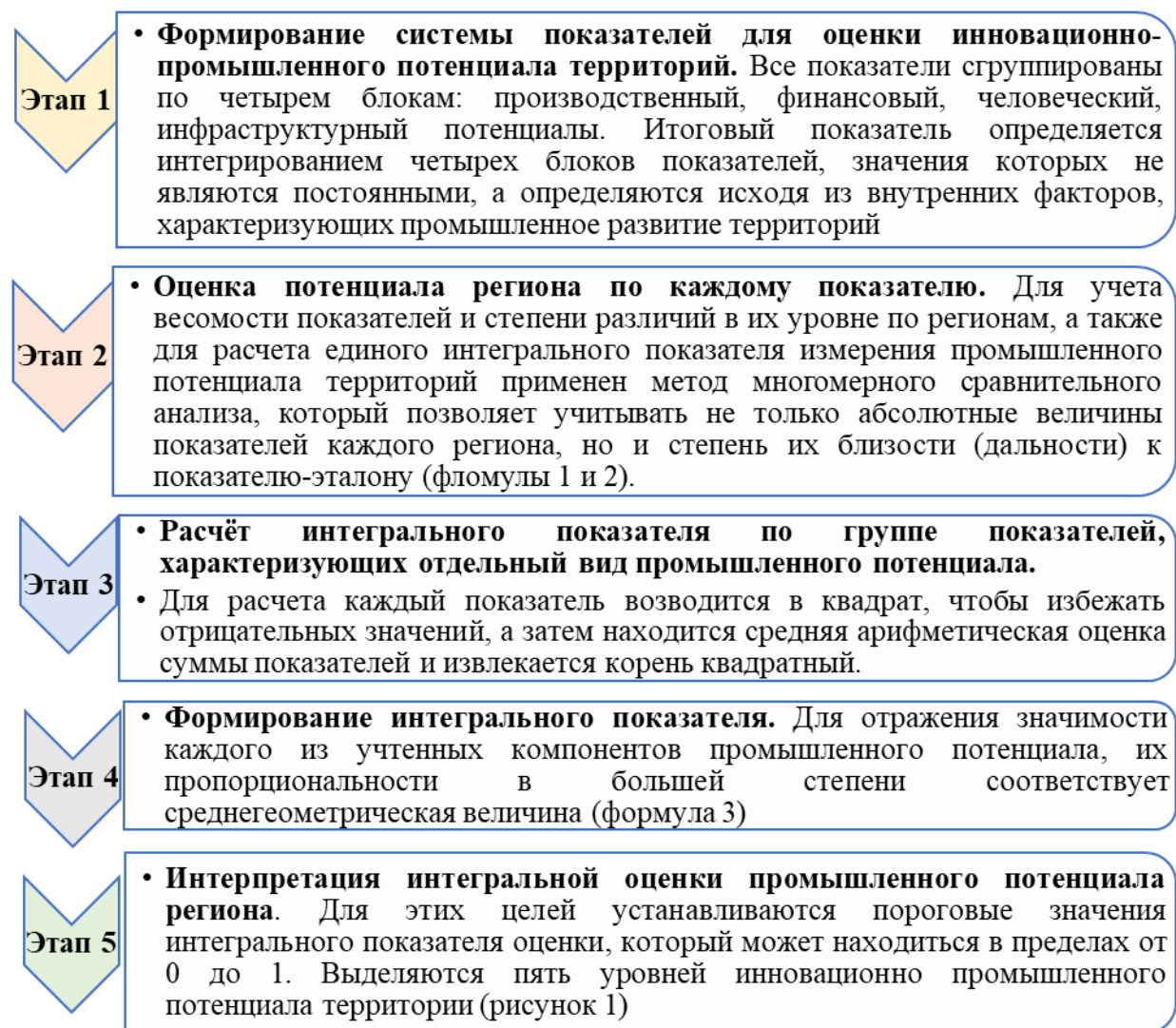


Рисунок 3.7 - Алгоритм оценки инновационно-промышленного потенциала территории

Источник: составлено автором на основе [97,117]

Система показателей сформирована на основе следующих принципов: комплексность, системность, приоритетность и соизмеримость.

Параметры для оценки инновационно-промышленного потенциала регионов рассчитываются в долях по сравнению с эталоном, принятым за единицу (рисунок 3.8). Оценка i -показателя осуществляется по формуле:

- прямой показатель
$$K_i = \frac{x_i}{\max(x_i)} \quad (3.7)$$

- обратный показатель:
$$K_i = \frac{\min(x_i)}{x_i} \quad (3.8)$$

где x_i – значение показателя в регионе; $\max(x_i)$, $\min(x_i)$ – показатель-эталон, в качестве которого могут быть выбраны оптимальные (или пороговые) значения показателей

Формирование итогового интегрального показателя осуществляется по формуле:

$$I_i = \sqrt[3]{I_{\text{пром}}} \cdot \sqrt[3]{I_{\text{произв}}} \sqrt[3]{I_{\text{фин}}} \sqrt[3]{I_{\text{чел}}} \sqrt[3]{I_{\text{инфр}}} \quad (3.9)$$

где $I_{\text{пром}}$ – промышленный потенциал, $I_{\text{произв}}$ – производственный потенциал, $I_{\text{фин}}$ – финансовый потенциал, $I_{\text{чел}}$ – человеческий потенциал, $I_{\text{инфр}}$ – инфраструктурный потенциал.

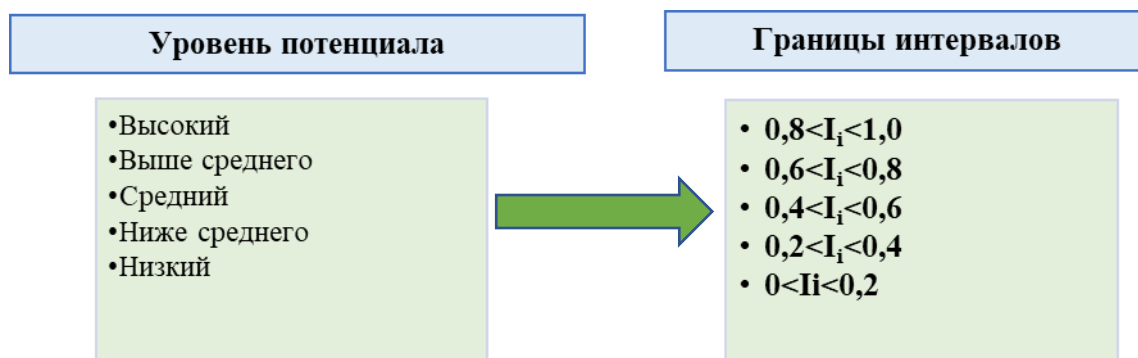


Рисунок 3.8 - Уровни инновационно-промышленного потенциала территории

Источник: составлено автором

По результатам расчета параметров инновационно-промышленного потенциала можно сделать вывод об уровне развития человеческого, промышленного, инфраструктурного и финансового потенциала регионов.

Исследование устойчивости территорий на основе экосистемного подхода — это начало дискуссии на тему, что такое реальное эколого-социально-экономическое развитие для регионов России и как его измерить.

Выводы к главе 3

В диссертационной работе рассмотрена эволюция концепция устойчивого развития на протяжении 25 лет и проведено сопоставление теорий устойчивого развития, «зеленой» экономики и экономики замкнутого цикла. Теория устойчивого развития в значительной степени ориентируется

на установление баланса между экономической, социальной и экологической составляющими, в то время как «зеленая» экономика акцентирует внимание на эффективном использовании природного капитала, его сохранении и воспроизводстве, а также приумножении. При этом экономика замкнутого цикла ориентирована на сведение к минимуму потребления первичных ресурсов и количества образующихся отходов и эмиссий [96].

Предложен методический подход к оценке устойчивости промышленных территориальных экосистем. Особенностью предлагаемого подхода является система показателей, формирующихся через триаду гуманитарных, технологических и экологических емкостей, которые в свою очередь состоят из совокупности капиталов (человеческий, производственный, природный). Оценка устойчивости промышленных территориальных экосистем осуществляется с использованием энтропии сложных систем.

Определены стратегические направления эффективного взаимодействия акторов промышленных экосистем, возникающих у участников взаимодействия, нацеленные на обеспечение устойчивого развития и повышение промышленного потенциала с учетом жизненного цикла отрасли и экосистемы. Особенностью четырехфазной спиральной модели жизненного цикла экосистем, предложенной автором, является наличие стадии «экосистемная зрелость», при достижении которой экосистемы имеют несколько возможных сценариев развития (рост, перерождение, почкование, стагнация), зависящих не только от влияния эндогенных и экзогенных факторов, но и от типа и уровня экосистемы.

ГЛАВА 4. ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ АКТОРОВ И ПРОЕКТОВ В ЭКОСИСТЕМНОЙ КОЛЛАБОРАЦИИ

4.1 Разработка механизма оценки промышленных предприятий при вхождении в экосистему

Основой для построения механизма самонастройки в экосистеме должна стать экосистемная платформа, создаваемая путем перекрестного оценивания акторов друг другом.

Участниками экосистемы или акторами могут быть промышленные и инжиниринговые предприятия, исследовательские и научные организации, стартапы, инвестиционные фонды, отраслевые и территориальные органы власти. То есть любые организации, заинтересованные в инновационном развитии, как своего предприятия, так и промышленной отрасли в целом.

Принципы объединения акторов в экосистему можно сгруппировать по двум уровням:

1. Принципы непосредственного экосистемного взаимодействия:

- самоорганизация и саморазвитие;
- доверие и партнерство;
- корпоративная культура;
- ориентированность на клиентов;
- проектоориентированность, инновативность и открытость к изменениям;
- коллаборация посредством информационных и интеллектуальных ресурсов;
- трансграничность и междисциплинарность;
- обеспечение информационной и экономической безопасности.

2. Принципы, обеспечивающие устойчивое развитие акторов:

- ориентация проектов на качество жизни;
- соблюдение акторами требований природоохранного законодательства;
- направленность акторов на повышение ресурсной эффективности;

- финансовая устойчивость акторов;
- рыночная устойчивость акторов;
- технологическая устойчивость акторов.

В рамках экосистемы может одновременно реализовываться целое множество проектов, и каждый актор экосистемы имеет возможность участвовать одновременно в разных проектах в разных ролях. В таблице 4.1 представлены возможные роли акторов в проектах.

Таблица 4.1- Роли акторов, реализуемые в промышленной экосистеме

Роли экосистемы	Задачи и функции в экосистеме	Возможные 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. Процессы генерирования идей и инициации проектов у других акторов. Проведение, испытательных работ, тестирование проекта, внедрения.	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
-------------------------	--	------------------------

Источник: составлено автором

Основная сложность в формировании экосистем состоит в операционализации таких базовых принципов экосистемы как самоорганизация и саморазвитие. Авторами предложен механизм реализации данных принципов через перекрестное оценивание как новый контур самонастройки в рамках экосистемы.

На рисунке 4.1 представлены разные виды управленческих моделей. *Первая управленческая модель* самая простая, традиционная, реализуется как реакция системы на внешние или внутренние вызовы. Ограниченность такой управленческой модели в том, что вызов уже произошел, проблема случилась, а политика решения проблем всегда проигрывает политике превентивных мер.

Традиционный контур управления предприятия с обратной связью



Управление саморазвитием предприятия с включенным контуром самонастройки





Рисунок 4.1 - Классификация управленческих моделей

Источник: составлено автором

Один из основных законов развития организационно-экономических систем, закон самосохранения, гласит, что «сумма потенциалов системы должна превышать сумму внешних и внутренних вызовов. То есть, для эффективного и устойчивого развития система должна постоянно проводить мониторинг, отслеживая всевозможные тренды, появление новой информации, и, на основании полученных знаний, повышать свой потенциал через контур самонастройки. Поэтому *вторая управленческая модель*, реализуя контур самонастройки, позволяет системе путем постоянного повышения своего потенциала быть устойчивой к внешним и внутренним вызовам, предотвращая или минимизируя их превентивными мерами» [12] .

Эти два контура, дополняя друг друга, работают эффективно внутри одного предприятия, обеспечивая ему устойчивое развитие согласно законам организации.

Устойчивое развитие акторов в рамках экосистемы возможно лишь тогда, когда также существует механизм, позволяющий акторам эффективно взаимодействовать внутри экосистемы, гибко реагировать на вызовы, опережать негативные явления и корректировать свои стратегии развития. *Третья управленческая модель*, представленная на рисунке 4.1, реализует

систему управления на основе принципа самоорганизации, когда каждый актер обеспечивает мониторинг не только своего потенциала, но и потенциалов акторов и проектов, реализуемых в рамках экосистемы.

Такой механизм самонастройки стимулирует акторов быть привлекательными для других участников экосистемы, самостоятельно осуществляя внутреннюю политику корректирующих действий, выстраивая свой вектор целевых установок в соответствии с принципами формирования экосистем. Так как нет вертикали управления, определяющей сверху структуру и место каждого актора в системе, основным механизмом формирования экосистемы и распределения ролей в ней являются желание конкретного актора и его полезность для других участников. Основой для построения механизма самонастройки в экосистеме должна стать экосистемная платформа, создаваемая путем перекрестного оценивания акторов друг другом.

Перекрестную оценку предлагается проводить в несколько этапов (рисунок 4.2). «На первом этапе речь идет о вхождении в экосистему. На этом этапе предприятие может самостоятельно оценить свой ресурсный потенциал и стратегии своего развития на соответствие принципам экосистемности. Такое оценивание предприятие должно проводить регулярно в рамках контура самонастройки второй управленческой модели. На следующем этапе оценивание проводится уже другими акторами на предмет соответствия оцениваемого предприятия той или иной роли в иницируемом проекте. И, наконец, на третьем этапе оценивание проводится уже после реализации проекта на предмет эффективности выполнения предприятием его роли в проекте. Накапливая положительные баллы путем перекрестного оценивания, актер становится привлекательным с позиции сотрудничества в совместных проектах для других участников» [12]. Результаты оценивания деятельности актора другими участниками проектов дадут возможность предприятию акцентировать внимание на своих

проблемных зонах, проводить политику внутренних корректирующих мер, обеспечивая при этом устойчивость своего развития.



Рисунок 4.2 - Этапы реализации задачи формирования инструмента перекрестного оценивания

Источник: составлено автором

С другой стороны, экосистемная платформа позволит каждому актору проводить постоянный мониторинг деятельности других акторов, принимая самостоятельное решение о сотрудничестве с ними в каждом отдельном проекте. Механизм перекрестного оценивания обеспечит в дальнейшем формирование единого банка данных экосистемы с целью создания проектного офиса на принципах блокчейна.

В соответствии с теорией принятия решений выбор делового партнера

(актора), относится к типу задач, которые называются частично структурированными. Моделирование таких задач на количественном уровне практически невозможно, так как не все связи между компонентами системы могут быть количественно учтены из-за отсутствия необходимого объема информации. В этом случае требуемые связи обычно устанавливаются экспертным путем. Принятие решения при этом сводится к выбору одной из синтезированных альтернатив. Однако, особенностью многокритериальных задач является то, что не существует альтернативы, которая бы обладала лучшими значениями по всем критериям. «Одним из инструментов решения многокритериальных задач является метод анализа иерархий (МАИ), разработанный Т. Саати. Метод анализа иерархий актуален при групповом принятии решений и направлен на решение практико-ориентированных задач многокритериальной оптимизации. Среди основных преимуществ данного метода возможность учета большого количества как количественных, так и качественных критериев оптимальности. Простота и универсальность его использования послужили основой массового применения при решении задач оптимального распределения ресурсов по установленным приоритетам среди множества альтернатив. МАИ позволяет оценить альтернативные варианты на основе расчета приоритетов (относительной важности) с помощью процедуры парных сравнений» [90]. Преимуществом метода является возможность обоснованно сравнивать разнородные факторы. МАИ широко используется на практике и активно развивается учеными всего мира. Например, для оценки рисков Hai-Min Lyu, Wan-Huan Zhou (2020), Ali Kokangül, Ulviye Polat (2017), S. Bathrinath, R. K. A. Bhalaji (2020). Оценка устойчивого развития территорий, городов и промышленности Yupu Zhang (2012), Pankaj Gupta (2018), Marjan Javadian (2011), Lixin Shen (2015). Анализ и оценка связей в биологических экосистемах - Baodi Sun, Jingchao Tang (2019), Rongqun Zhang (2013), Shuobo Xu (2019) [138,141,144,176,224,249].

Метод Анализа Иерархий (МАИ) – математический инструмент системного подхода к решению проблем принятия решений. «При принятии

управленческих решений и прогнозировании возможных результатов обычно сталкиваются со сложной системой взаимозависимых компонент (ресурсы, цели, персонал компаний и т. д.), которую нужно проанализировать. МАИ состоит в декомпозиции проблемы на более простые составляющие части и поэтапном установлении приоритетов, оцениваемых компоненты с использованием парных) сравнений. На первом шаге выявляются наиболее важные элементы проблемы и выстраивается иерархическая структура, объединяющей цель, критерии, альтернативы и другие факторы, влияющие на выбор решения. Для рассматриваемой задачи иерархия выглядит следующим образом (рисунок 4.3). На втором — наилучший способ проверки наблюдений, испытания и оценки элементов. На третьем — осуществляется выработка способа применения решения и оценка его качества» [12]. Весь процесс подвергается проверке и переосмыслению до тех пор, пока не будет уверенности, что процесс охватил все важные характеристики, необходимые для представления и решения проблемы.

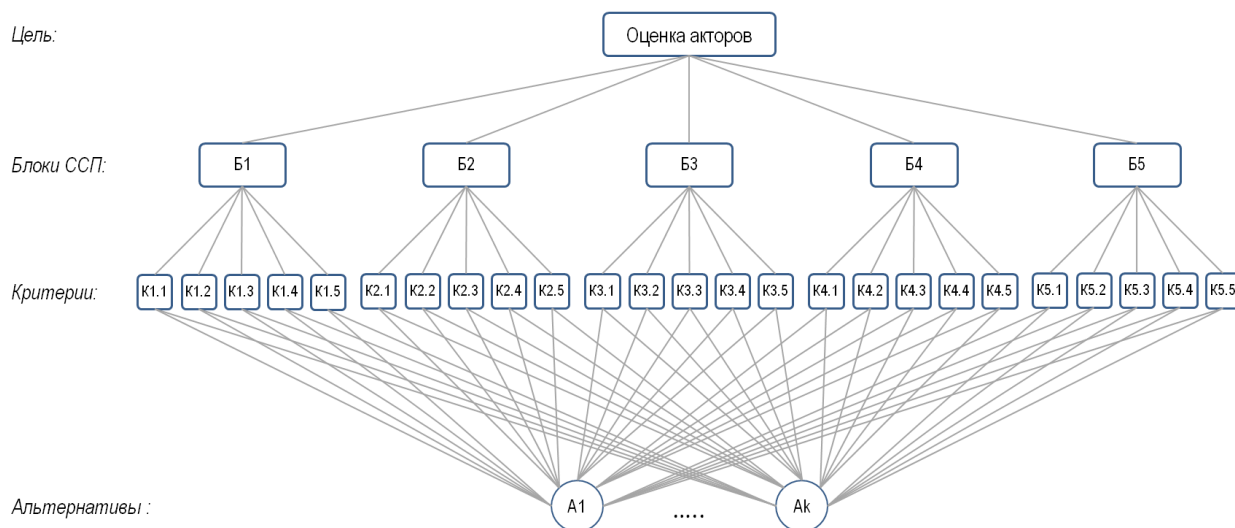


Рисунок 4.3 – Построение иерархической структуры, объединяющей цель, критерии, альтернативы, влияющие на выбор решения

Источник: составлено автором

Процесс может быть проведен над последовательностью иерархий. При этом результаты, полученные в одной из них, используются в качестве входных данных при изучении следующей. Иерархические структуры,

используемые в МАИ, представляют собой инструмент для качественного моделирования сложных проблем. Вершиной иерархии является главная цель. Элементы нижнего уровня представляют множество вариантов достижения цели (альтернатив). Элементы промежуточных уровней соответствуют критериям или факторам, которые связывают цель с альтернативами.

После построения иерархии участники процесса используют МАИ для определения приоритетов всех узлов структуры. Приоритеты – это числа, которые связаны с узлами иерархии. Они представляют собой относительные веса элементов в каждой группе. Подобно вероятностям, приоритеты — безразмерные величины, которые могут принимать значения от нуля до единицы. Чем больше величина приоритета, тем более значимым является соответствующий ему элемент. Сумма приоритетов элементов, подчиненных одному элементу вышележащего уровня иерархии, равна единице. Приоритет цели по определению равен 1,0. Определение приоритетов элементов каждого уровня осуществляется на основе метода парных сравнений. Сущность данного метода заключается в следующем.

1. На подготовительном этапе предлагается провести предварительное ранжирование критериев, и они располагаются в порядке убывания важности:

$$v(K_1) > v(K_2) > \dots > v(K_n), \quad (4.1)$$

однако, поскольку, как отмечалось выше, значимость критериев для разных групп участников различна, данная процедура в решаемой задаче будет опущена, и для облегчения процедуры сравнения порядок критериев для всех акторов выбран одинаковым.

2. Проводится попарное сравнение критериев по важности по девятибалльной шкале, и составляется соответствующая матрица (таблица) размера ($n \times n$):

- равная важность – 1;

- умеренное превосходство – 3;
- значительное превосходство – 5;
- сильное превосходство – 7;
- очень сильное превосходство – 9;
- в промежуточных случаях возможно использование четных оценок: 2, 4, 6, 8.

Например, если критерий K_i значительно превосходит K_j , то в клетку (i, j) таблицы ставится 5, а в клетку (j, i) – 1/5 (обратная величина).

3. На *третьем шаге* определяется нормализованный вектор приоритетов (НВП):

а) рассчитывается среднее геометрическое в каждой строке матрицы:

$$a_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.2)$$

б) рассчитывается сумма средних геометрических:

$$S = \sum_{i=1}^n a_i \quad (4.3)$$

в) вычисляются компоненты НВП:

$$\text{НВП}_i = \frac{a_i}{S}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.4)$$

Сумма компонентов нормализованного вектора приоритетов всегда равна единице. Каждый компонент НВП представляет собой оценку важности соответствующего критерия.

4. На четвертом шаге проверяется согласованность оценок в матрице. Для этого подсчитываются три характеристики:

а) собственное значение матрицы:

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n (\text{НВП}_i \cdot \sum_{j=1}^n a_{ij}) \quad (4.4)$$

б) индекс согласования:

$$\text{ИС} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.5)$$

в) отношение согласованности:

$$\text{ОС} = \frac{\text{ИС}}{\text{ППС}}, \quad (4.6)$$

где ПСС - показатель случайной согласованности, определяемый теоретически для случая, когда оценки в матрице представлены случайным образом, и зависящий только от размера матрицы (таблица 4.1).

Таблица 4.1 - Значения ПСС

Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПСС	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Оценки в матрице считаются согласованными, если $OS \leq 10\text{--}15\%$, в противном случае их надо пересматривать. Если оценки в матрице согласованы, то полученный вектор приоритетов можно использовать в качестве весовых коэффициентов значимости каждого блока при проведении процедуры отбора.

«Аналогичная процедура сравнения проводится для каждой группы критериев внутри блоков показателей для каждого из потенциальных акторов. Окончательная процедура расчета приоритетов критериев осуществляется путем умножения приоритетов критериев на приоритеты соответствующих блоков. Процедура оценки потенциальных акторов будет выглядеть следующим образом. На основе экспертных оценок по единой шкале участникам выставляются баллы по каждому из перечисленных критериев» [12]. Итоговая оценка участника рассчитывается на основе использования аддитивной свертки. Аддитивная свертка имеет вид:

$$K(x) = \sum_{i=1}^n a_i \cdot K_i(x) \quad (4.7)$$

где $K(x)$ – общий критерий для альтернативы x , показывающий ее пригодность для достижения цели; $K_i(x)$ – набор исходных критериев; n – число исходных критериев; a_i – приоритет частного критерия K_i .

Чем выше интегральная оценка актора, тем в большей степени он пригоден для предполагаемой роли.

Последовательное выполнение всех шагов МАИ предусматривает возможность изменения структуры иерархии, с целью включения в неё вновь появившихся, или ранее не считавшихся важными, критериев и альтернатив.

Именно поэтому МАИ используется автором в качестве инструмента перекрестной оценки акторов экосистемы. На каждом этапе оценивания может меняться состав акторов, критерии и сама процедура оценки.

Автор предлагает оценивать роль каждого актора экосистемы через сбалансированную систему показателей по 5 блокам ССП экосистемы. «Идеология сбалансированности основывается на философии системы сбалансированных показателей Нортон и Каплана, но направления сбалансированности отражают концепцию экосистемности. В приложении 2 представлены элементы матрицы с показателями для каждой роли актора, реализуемой в промышленной экосистеме. Для оценки используются как качественные, так и количественные показатели. При контроле динамики качественных показателей происходит улучшение количественных показателей. Группа качественных показателей оказывает опережающее влияние на привлекательность и потенциал экосистемы, а также позволяет определить возможные отклонения по ряду количественных показателей» [12].

Предлагаемая система показателей содержит достаточно большое количество критериев, значимость которых неравнозначна для различных акторов экосистемы. Поэтому при оценке потенциальных участников предлагается определить для каждого актора весовые коэффициенты критериев, которые в дальнейшем позволят получить интегральные оценки. Цель – оценка потенциала и устойчивого развития предприятия (компании) акторами экосистемы на предмет соответствия той или иной роли в иницируемом проекте.

Показатели разделены на пять групп (блоков). Три блока показателей сформированы с учетом принципов устойчивого развития акторов. За основу взят перечень качественных показателей, используемых для составления ESG рейтинга компаний. Соблюдение принципов ESG подразумевает внедрение в стратегию и бизнес компании лучших практик в таких сферах как, экология

(Environment), социальная политика (Social) и управление (Governance). Идейная основа этих практик базируется на ЦУР ООН.

Дополнительно выделены два блока показателей для оценки потенциала компаний с точки зрения их полезности для экосистемы (таблица 4.2). Типы потенциалов зависят, прежде всего, от вида анализируемой экосистемы. Например, в инновационной промышленной экосистеме оцениваются инновационный и технологический потенциалы. Перечень показателей для оценки потенциалов составлен на основе данных из статистических сборников НИУ «Высшая школа экономики»².

Таблица 4.2. Показатели для оценки компании, претендующей на роль актора в экосистеме

№	Интегрированный показатель	Показатели
1	Технологический потенциал (<i>T</i>)	уровень эффективности технологических процессов
		ресурсоемкость производства
		качество продукции
		уровень автоматизации и цифровизации производства
		уровень развития инфраструктуры
		доля уникальных технологий в общей структуре
2	Экологичность (<i>E</i>)	уровень внедрения современных ресурсосберегающих «умных» технологий
		объем финансирования природоохранной деятельности
		количество промышленных отходов и ТБО
		уровень загрязнения воды, воздуха, почвы
		наличие образовательных экологических программ и проектов
3	Социальная среда (<i>S</i>)	уровень социальных расходов и инвестиций в человеческий капитал
		количество несчастных случаев в компании на 1000 сотрудников
		степень удовлетворенности сотрудников качеством среды
		уровень корпоративной культуры
		наличие длительных взаимоотношений с партнерами и потребителями
4	Инновационный	уровень инновативности

² Статистические сборники НИУ «Высшая школа экономики». UCL: <https://www.hse.ru/primarydata/?ysclid=ldml81hff581268279>

	потенциал (I)	обеспеченность инвестиционными ресурсами для финансирования инновационных программ и проектов
		уровень квалификации и интеллектуального потенциала персонала
		жизнеспособность инноваций
		инновационная компетентность
5	Управленческая зрелость (G)	уровень инфраструктурного развития
		деловая репутация
		ресурсная обеспеченность
		сбалансированность обмена знаниями и ресурсами между акторами
		уровень самоорганизации

Источник: составлено автором на основе [12].

Чтобы обеспечить саморазвитие в экосистеме, ей нужен механизм самонастройки, «провоцирующий» стремление акторов быть экосистемно привлекательным, реализовывать стратегии развития, отслеживать свою сбалансированность и осуществлять внутреннюю политику корректирующих действий. Таким механизмом может стать перекрестное оценивание акторов экосистемы друг другом. Оценка должна проводиться постоянно, от «вступления» предприятия в экосистему и после реализации каждого проекта. Инструмент перекрестного оценивания позволит каждому актору накапливать баллы, реализуя стратегию повышения экосистемной репутации, отслеживать репутацию других акторов, принимая решение о сотрудничестве в каждом отдельном проекте.

Апробация предложенного методического подхода приведена в главе 5 для оценки компаний на предмет соответствия роли «Разработчик» в промышленной экосистеме.

4.2 Методические подходы к формированию промышленной экосистемы на основе интегральной оценки потенциалов участников

Ключевой задачей экосистемы является повышение интеграционного потенциала и обеспечение конкурентоспособности акторов экосистемы. Потенциал развития экосистемы можно оценить через интегральную оценку потенциалов всех составляющих структуры экосистемы.

Под потенциалом экосистемы автор понимает 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. Несмотря на многообразие видов потенциалов, все они обладают следующими свойствами:

- потенциал — это взаимодействие ресурсов, обусловленное системным характером потенциала. Соответственно одинаковая совокупность ресурсов может формировать потенциалы различного уровня;
- интерпретация результатов оценки потенциала зависит от целей и задач применительно, к которым его рассматривают;
- потенциал – это агрегированный ресурс, который может состоять как из материальной, так и нематериальной составляющих [12].

Для оценки соответствия фактических результатов деятельности акторов промышленной экосистемы целевым установкам, возможно, 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:

$$P_{3i} = f(G_{1i}, G_{2i}, G_{3i}, G_{4i}, G_{5i}, G_{6i}, G_{7i}, G_{8i}), \quad i=1..n, \quad (4.8)$$

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 потенциал, 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:

$$P_{2j} = f(Q_{1j}, Q_{2j}, Q_{3j}, Q_{4j}, Q_{5j}, Q_{6j}, Q_{7j}, Q_{8j}), \quad j=1..m, \quad (4.9)$$

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

Первый уровень иерархии, это уровень непосредственно показателей экосистемы в целом через индикаторы для оценки устойчивости развития. Этот спектр индикаторов определяется экспертным путем в зависимости от целевых установок экосистемы.

Показатели нижнего уровня, характеризующие потенциал актора, будем называть элементарной группой. Каждая элементарная группа имеет свой вес, d_j^1 в интегральной оценке. Элементарные группы (группы первого порядка) в соответствии с иерархической моделью объединяются в группы второго порядка в соответствии с ролями игроков экосистемы, каждая из которых имеет свой вес, d_j^2 .

Введем обозначения. Для элементарной группы:

c_i – целевое состояние (значение) показателя, характеризующего актора

f_i – фактически достигнутое состояние показателя;

d_i – вес (уровень важности) показателя;

i – индекс показателя в группе, $i=1..n$.

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:

1. Определить оценки показателей в каждой элементарной группе.

Для решения этой задачи предлагается следующая шкала оценок показателей целевому состоянию, таблица 4.2. 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) .

Таблица 4.2 - Шкала оценок показателей элементарной группы

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	
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

Источник: составлено автором, [12].

2. Определить веса оценок в элементарной группе и веса групп для всех проектов (1) - (2), начиная с элементарной.

Задачи решаются методом парных сравнений. Применение метода предполагает наличие так называемой матрицы парных сравнений A

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}. \quad (4.10)$$

Произвольный элемент матрицы (3) a_{ij} — это положительное число, показывающее «во сколько раз» показатель i (в строке) превосходит показатель j (в столбце). Элемент a_{ij} — значение предпочтительности в баллах одного показателя над другим. Для установления значений a_{ij} будем использовать шкалу оценки предпочтительности (таблица 4.3).

Таблица 4.3 - Шкала оценок предпочтительности

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

Источник: составлено автором на основе [12].

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

1) матрица обратна симметричная, то есть; $a_{ji} = 1/a_{ij}$

2) матрица согласована, то есть $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$

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

$$\bar{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n), \quad i = \overline{1, n} \quad (4.11)$$

является вектором весов объектов.

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

$$d_i = \frac{y_i}{\sum_{i=1}^n y_i}, \quad i = \overline{1, n} \quad (4.12)$$

$$\sum_i d_i = 1$$

Тогда сумма весов и будет равна 1.

3. Определить интегральную оценку ПА.

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

$$F_j^1 = \prod_i f_i^{d_i} \quad (4.13)$$

4. Определить интегральный показатель групп k -го уровня.

Аналогично формуле (4.13), для групп k -го уровня имеем:

$$F_j^k = \prod_i F_i^{d_i^k}, \quad (4.14)$$

т. е. среднее геометрическое взвешенное подгрупп j группы.

5. Определить потенциал устойчивого развития экосистемы.

Интегральный показатель ППЭ, определяется как показатель группы самого высокого уровня иерархии.

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 автор предлагает использовать группы интегральных показателей в соответствии со структурой экосистемы.

При формировании группы интегральных показателей автор исходил из определения экосистемы и принципов ее функционирования, циркулярности ресурсов и 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 таблице 4.4 приведены примеры возможных интегральных показателей для оценки потенциалов акторов, отражающих их вклад в развитие экосистемы и групп акторов.

Таблица 4.4 - Показатели для оценки потенциала акторов экосистемы

Вид потенциала	Интегральные показатели
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 развития инфраструктуры 5. уровень информационного и коммуникационного обеспечения
Инновационный потенциал	1. Суммарный инновационный индекс SII 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	1. Уровень управленческой зрелости

потенциал	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	Коэффициент автономии Коэффициент финансового левериджа Коэффициент покрытия инвестиций Коэффициент соотношения дебиторской и кредиторской задолженности Коэффициент рентабельности активов Коэффициент рентабельности продаж Коэффициенты ликвидности
Стратегический потенциал	1.Соответствие ресурсов стратегическим целям актора 2.Индекс удовлетворенности акторов качеством среды 3.Уровень корпоративной культуры
Ресурсно-экологический (циркулярный) потенциал	Система индикаторов устойчивого развития, в том числе индекс экологической устойчивости, экологический след; скорректированные чистые накопления; природоемкость. Снижение выбросов CO ₂ и расхода материальных ресурсов.
Показатели для оценки потенциала групп акторов экосистемы	
Интеллектуальный	Интегральный показатель, включающий в себя интеллектуальные активы, уникальные технологии, процент поданных идей.
Коллаборативный	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.

Источник: составлено автором на основе [12].

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

При этом существуют определенные требования к построению интегрального критерия оценки через иерархию индикаторов:

1. Интегральный критерий должен позволять оценить конечные результаты эффективности процессов.

2. Интегральный критерий должен позволять представить его в виде иерархии (пирамиды) локальных критериев, образующих в итоге целостную систему критериев.

3. Структура интегрального критерия должна быть инвариантной, «сквозной», охватывая одновременно несколько уровней.

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.

4.3 Методика оценки проектов промышленной экосистемы с учетом стадий жизненного цикла

Концептуальной предпосылкой при формировании перечня критериев, включаемых в авторскую модель, является представление об экосистеме как совокупности взаимосвязанных проектов, оцениваемых с помощью набора количественных и качественных показателей и определяющих перечень параметров диагностики, что в итоге отражает многомерный характер категории «промышленная экосистема».

1. Укрупненный количественный параметр оценки результатов интеллектуальной деятельности ($\mathcal{E}_{\text{ид}}$). Этот показатель характеризует интеллектуальный потенциал проекта (таблица 4.5)
2. Укрупненный количественный параметр оценки значимости проекта определяет «возможность перерождения» проекта.
3. Укрупненный количественный параметр оценки экономической эффективности проектов на основе денежных потоков позволяет определить финансовый потенциал проекта [12].

Результирующий количественный показатель оценки проекта ($\mathcal{E}_{\text{п}}$) рекомендуется определять как среднегеометрическую трех составляющих: количество созданных результатов интеллектуальной деятельности; темп прироста добавленной стоимости; денежный поток от интеллектуальной деятельности. Результаты диагностики по трем составляющим, а также общая оценка, определяются в баллах по шкале, граничные отметки которой составляют 0 и 1. Для перевода количественных показателей в баллы может быть использована функция желательности Харрингтона. Шкала

желательности устанавливает соответствие между числовой системой предпочтений и эмпирической системой предпочтений (желательностью).

Таблица 4.5 - Группы оценки потенциала проекта на стадиях ЖЦ

Потенциал проекта / Стадии ЖЦ	ПОТЕНЦИАЛ ПРОЕКТА				
	P1	P2	P3	P4	P5
Предчувствие	новизны	актуальности	интеллектуальность	финансовый	технологический
Рождение	креативности	востребованности	интеллектуальность	финансовый	технологический
Взросление	организационный	проработанности идеи	интеллектуальность	финансовый	технологический
Взрослая жизнь	проработанности идеи	управленческий	кадровый	финансовый	технологический
Передача опыта	востребованности	оригинальности	результативности	эффективности	управленческая активность
Новая жизнь	возможность перерождения	креативность	интеллектуальность	финансовый	технологический

Для диагностики состояния промышленной экосистемы по качественным параметрам необходимо разработать карты экспертных оценок, объединяющие описательные характеристики возможных градаций оцениваемых укрупненных параметров, включая эталонную градацию (таблица 4.6).

Таблица 4.6 - Карта экспертных оценок анализируемых укрупненных параметров состояния промышленной экосистемы (составлена автором)

Показатели потенциала проектов	Градации параметров в соответствии со шкалой желательности Харрингтона				
	(1,00)	(0,8)	(0,63)	(0,37)	(0,2)
Креативность	Высокий уровень творческой, созидательной, новаторской деятельности при реализации проекта. Создание качественно новых продуктов и услуг, отличающихся неповторимостью, оригинальностью и уникальностью.	....	....	....	Утилитарность - процессы создания материальных и интеллектуальных ценностей и управления уже созданными и используемыми ценностями в соответствии с установленными технологиями, принятыми нормами или существующими принципами
Технологический потенциал	Высокий технологический потенциал, который обеспечивается совокупностью располагаемых,	....	....	....	Технологический потенциал отсутствует.

	привлекаемых и мобилизуемых материально-технических и организационно-управленческих ресурсов и возможностей для достижения поставленных целей научно-технологического развития.				
Проработанность идеи	Идея проработана, учтены различные элементы - компоненты проблемы и сведены в единое целое.	....	....	....	Идея не эффективна для решения поставленных задач.

Таким образом, оценка качественных показателей, характеризующих потенциал проекта, может быть реализована с помощью специально разработанной шкалы экспертных оценок, нормированной в диапазоне от 0 до 5. Для оценки качественных показателей потенциала может быть рекомендована шкала, приведенная в таблице 4.6. Обеспечение взаимосвязи стратегии акторов и стратегии развития экосистемы осуществляется в процессе декомпозиции целей и соответствующих ключевых показателей эффективности (KPI) в рамках управленческих технологий и системы показателей [12].

При отсутствии достоверной информации по показателям оценка осуществляется по ограниченному кругу показателей. Конкретный инструмент оценки в каждом случае выбирается индивидуально. Перечень качественных показателей, характеризующих потенциал проекта, на каждой стадии жизненного цикла определяется экспертным путем. Пример шкалы оценки качественных показателей (креативность, проработанность идеи и технологический потенциал) приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7. - Шкала оценки качественных показателей потенциала проекта (составлена автором)

Шкала оценки	Описание		
0	Низкий уровень креативности проекта. Процессы создания материальных и интеллектуальных ценностей и управления уже созданными и используемыми ценностями в соответствии с установленными технологиями, принятыми нормами или существующими принципами.	Идея не проработана, так как не эффективна для решения поставленных задач.	Технологический потенциал отсутствует
+1	Не высокий уровень. Новые методы проектной деятельности позволяют адаптироваться к изменяющимся внешним условиям, но внутренние резервы оптимально не используются	Идея проработана недостаточно, отсутствует взаимосвязь с результирующими показателями проекта	Производительность технологической структуры производства соответствует среднеотраслевому показателю
+2	Способность отказываться от стереотипных способов проектной деятельности.	Идея апробирована, получены результаты, но они ниже запланированных.	Своевременное технологическое обновление основных средств, направленное на ресурсосбережение
+3	Способность порождать оригинальные идеи в условиях разрешения или постановки новых проблем.	Способность идеи побуждать к нахождению новых решений.	Уровень асинхронного изменения технологической структуры
+4	Создание качественно новых продуктов и услуг, отличающихся неповторимостью, оригинальностью и уникальностью	Идея дает новый взгляд на проблему, новый путь ее решения и в то же время она и сама способна к изменению и модификации.	Соотношение уровня новых и старых технологий
+5	Высокий уровень творческой, созидательной, новаторской деятельности при реализации проекта.	Идея проработана, учтены различные элементы - компоненты проблемы и сведены в единое целое.	Применяются вновь созданные передовые технологии, расширяется технологическое и продуктивное разнообразие.

После получения экспертных оценок в баллах определяются кодированные значения контрольных точек (y_{ij}) с учетом нижнего и верхнего пределов допустимости значения ($y_{\min}=0$, $y_{\max}=5$) по методике желательности Харрингтона. Затем рассчитывается кодированное значение каждого

качественного параметра по формуле 8. Потенциал (Р) качественных показателей на каждой стадии жизненного цикла проекта определяется как среднегеометрическое кодированных значений ($y_{ij}; d_i$). Итоговый потенциал проекта считаем как среднее арифметическое между потенциалами показателей, как качественных, так и количественных ($\sum P_i/n$).

Чем ближе к единице оценка потенциала проекта, тем лучше этот участник для экосистемы с позиции всех составляющих элементов потенциала. Значение показателей потенциала проекта в интервале от 0 до 1 соответствуют уровню на шкале Харрингтона «очень плохо» (0,2 - 0); от 1 до 2 – «плохо» (0,37 - 0,20); от 2 до 3 – «удовлетворительно» (0,63 - 0,37); от 3 до 4 - «хорошо» (0,80 - 0,63); от 4 до 5 - «очень хорошо» (1,00 - 0,80).

Данная методика оценки потенциала проектов позволяет принимать управленческие решения по дальнейшим действиям акторов экосистемы относительно развития проектов.

Новые знания представляют собой энергию, которая обеспечивает самоорганизацию экосистемы. В наступательном варианте знания – это возможность экосистемы инициировать и реализовывать новые проекты. Знаниеемкость экосистемы зависит как от акторов, входящих в нее, так и от проектов, ею реализуемых.

Чтобы экосистема могла развиваться с позиции самоорганизации необходимо знать с позиции анализа вариантов проектов:

- какие проекты целесообразно внедрить для получения эффективности заданным целям при минимизации риска?
- какова последовательность работ для осуществления этих проектов?
- есть ли интеллектуальный, технологический потенциал для разработки и внедрения этих проектов?
- какие потребуются средства?
- каковы возможные источники финансирования?

Методика оценки потенциалов проектов, вошедших в некоторую экосистему, и их эффективность с позиции результативности состоит из четырех этапов:

- 1) Оценка потенциалов проектов, входящих в экосистему.
- 2) Оценка результативности проектов.
- 3) Анализ полученных оценок.
- 4) Принятие управленческого решения по возможности включения рассматриваемых проектов и акторов в другие экосистемы.

Этапы 1–4 выполняются по одному алгоритму. Изложим алгоритм первого этапа. Он предусматривает последовательное выполнение пяти шагов [12].

Шаг 1. Определяем классификатор для оценки потенциала некоторого проекта как разновидность так называемой «серой» шкалы Поспелова, представляющей собой полярную (оппозиционную) шкалу, в которой переход от свойства A^+ к свойству A^- происходит плавно. Шкалы удовлетворяют условиям [130]: а) взаимной компенсации между свойствами A^+ и A^- (чем в большей степени проявляется A^+ , тем в меньшей степени проявляется A^- , и наоборот); б) наличия нейтральной точки A_0 , интерпретируемой как точка наибольшего противоречия, в которой оба свойства присутствуют в равной степени.

Шаг 2. Экспертным путем определяется множество показателей, характеризующих потенциал результативности проекта. В зависимости от достигнутого значения показателя проект занимает по этому показателю определенное место (ранг), который обозначим через переменную X_i ($i=1, \dots, n$), где n – число показателей. Примем такой порядок ранжирования показателей, что чем меньше значение ранга показателя, тем больше величина потенциала. Если для какого-либо показателя наблюдается противоположная тенденция, то при анализе он заменяется на сопряженный. Например, если показатель занимает первое место по уровню устаревших технологий, то его потенциал будет ниже (при равенстве рангов других

показателей), чем потенциал района с, например, 10 местом по уровню устаревших технологий. Значит для этого показателя необходимо ранжирование в обратном порядке.

Шаг 3. Оценку показателя в смысле влияния его на значение потенциала будем проводить в зависимости от его ранга также с использованием лингвистической переменной. Введем лингвистическую переменную b_i = «значение показателя X_i ». Универсальным множеством для переменной b_i является отрезок $[1, m]$, где m – число оцениваемых объектов. Примем, что каждая лингвистическая переменная имеет трапециевидную функцию принадлежности, которая может быть определена четверкой чисел.

$$x = (a_1, a_2, a_3, a_4)$$

Шаг 4. Определим терм-множество из пяти элементов, т. е. $B = \{B_{i1}, B_{i2}, B_{i3}, B_{i4}, B_{i5}\}$, можно использовать следующие значения термов в зависимости от значений рангов по анализируемому показателю (например, в пропорции 1:2:4:2:1), уровни показателей в виде трапециевидных чисел:

B_{i1} - «очень низкий уровень показателя X_i »;

B_{i2} - «низкий уровень показателя X_i »;

B_{i3} - «средний уровень показателя X_i »;

B_{i4} - «высокий уровень показателя X_i »;

B_{i5} - «очень высокий уровень показателя X_i ».

Шаг 5. Покажем переход от показателей, характеризующих потенциал $X = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6\}$ к высказываниям о величине потенциала $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$.

Для формирования правила перехода от оценок показателей к лингвистическим переменным надо определить вес (важность) показателя по степени вклада в потенциал, т. е. сопоставить каждому показателю X_i его вес r_i , определяющий вклад показателя в меру потенциала. Если веса показателей упорядочены, т. е. имеется информация о том, что $r_1 \geq r_2 \geq \dots \geq r_n$

и больше никакой информации об этих величинах нет, то вес определяется по правилу Фишберна:

$$r_i = \frac{2(n-i+1)}{(n-1)n}, \quad (4.15)$$

Если показатели равно предпочтительны или системы предпочтений нет, то будем считать, что они обладают равным весом:

$$r_i = 1/n, \quad (4.16)$$

При выбранной системе весов показателей правило перехода от значений показателей конкурентоспособности к весам термов лингвистической переменной g имеет вид

$$p_k = \sum_{i=1}^n r_i \mu_{ki}, \quad k = 1, 2, 3, 4, 5. \quad (4.17)$$

Вычислив наблюдаемые веса каждого терма лингвистической переменной G_i , получим значения самой переменной g по формуле

$$g = \sum_{k=1}^5 p_k \bar{g}_k, \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, \quad (4.18)$$

где \bar{g}_k - середина промежутка, который является носителем терма $G_k \in (a_{k1}, a_{k4}]$.

Оценка потенциала проекта зависит от заказчика проекта, которым может выступать другой актер или несколько акторов сразу.

В том случае, когда необходимо оцениваемые проекты ранжировать (оценить) по определенной значимой (критической) группе или несколькими значимым (критическим) для заказчика группам параметров (далее критические параметры) для принятия принципиального решения, то необходимо их вначале идентифицировать. Потом оценить по ним, задавая строгие ограничения, и исключить тех акторов (если их несколько), которые в принципе не соответствуют. Для них оценка по остальным параметрам не имеет смысла. Например, выделяем критические группы оценки потенциала проекта: технологически, предпринимательский, интеллектуальный

потенциалы. Если по какому-нибудь параметру из этих групп оценка актора не соответствует строгому ограничению заказчика, то такой потенциал проекта оценивается как недопустимый. «Обобщенный критерий оптимизации в виде функции желательности Харрингтона, принимает значение равное 0, что соответствует по шкале функции желательности (таблица 4.8) «очень плохо». Данный случай в принципе является частным по отношению к первому варианту, поэтому не имеет принципиальных отличий в оценке» [177].

Таблица 4.8 - Шкала желательности Харрингтона»

Эмпирическая система предпочтений (желательность)	Числовая система предпочтений (система психологических параметров)
Очень хорошо	1,00–0,80
Хорошо	0,80–0,63
Удовлетворительно	0,63–0,37
Плохо	0,37–0,20
Очень плохо	0,20 - 0,00

Источник: [177].

Рассмотрим методику оценки потенциала проекта.

1. Первоначально необходимо задать ограничения и (или) желательные уровни по всем указанным частным параметрам оценки каждой группы показателей. При этом предполагается, что все параметры оценки, указанные в таблице 4.8 имеют значения: количественные со своими единицами измерений или качественные в виде экспертной оценки (баллы).

2. По тем параметрам оценки, по которым заданы строгие ограничения, т.е. установлены строгие пороги (max , min , max и min), необходимо установить допустимость. Если по какому-либо строгому параметру потенциал проекта является недопустимым, то такой проект является неэффективным или непригодным для данной экосистемы. На этом оценка потенциала актора (если она одна) заканчивается.

3. Если по всем строгим параметрам проект является допустимым,

то необходимо приступить к процедуре перевода всех заданных параметров, различной физической сущности, как количественных, так и качественных в шкалу желательности Харрингтона.

4. Если ограничения, заданные по параметрам (индикаторам) оценки представлены как одностороннее ограничение (либо *min*, либо *max*). То для определения функций желательности (d_{ij}) этих параметров используются следующие формулы Харрингтона:

$$d_{ij} = e^{-e^{-y'_{ij}}} \quad (4.19)$$

$$y'_{ij} = \frac{(y_{\max} - y_{ij})}{y_{\max}} \quad (4.20)$$

$$y'_{ij} = \frac{(y_{ij} - y_{\min})}{y_{\min}}, \quad (4.21)$$

где d_{ij} – частная функция желательности с односторонним ограничением для i -го параметра j -й проекта;

y_{\max}, y_{\min} – верхний и нижний пределы одностороннего ограничения по i -му частному параметру;

y'_{ij} – кодированное (нормированное) значение i -го частного параметра j -й проекта, переводимого в шкалу желательности.

5. Если ограничения, заданные по параметрам (индикаторам) оценки представлены как двустороннее ограничение, что возможно имеет место для некоторых параметров (и *min*, и *max*). То для определения функций желательности (d_{ij}) этих параметров используются следующие формулы Харрингтона:

$$d_{ij} = e^{-|y'_{ij}|^n} \quad (4.22)$$

y'_{ij} – кодированное (нормированное) значение i -го частного параметра j -й проекта, переводимого в шкалу желательности;

n – показатель степени, устанавливаемый и имеющий свое значение для каждого частного параметра, имеющего двустороннее ограничение, в зависимости от требований заказчика.

Кодированное (нормированное) значение i -го частного параметра j -й проекта, переводимого в шкалу желательности, определяется в этом случае по формуле:

$$y' = \frac{(2y - (y_{\max} + y_{\min}))}{(y_{\max} - y_{\min})} \quad (4.23)$$

В итоге получатся данные, которые могут быть представлены в виде таблицы 4.9 при оценке нескольких проектов(A), где n – количество параметров оценки, а m – число оцениваемых проектов.

Таблица 4.9 - Форма для оценки проектов по модели Харрингтона

Параметры $i=1,n$ $A, j=1,m$	Параметр 1			Параметр 2			Параметр 3			Параметр i			Параметр n		
	y_1	y'_1	d_1	y_2	y'_2	d_2	y_3	y'_3	d_3	y_i	y'_i	d_i	y_n	y'_n	d_n
$A1$	d_{11}	...	...	d_{21}	...	...	d_{31}	...	...	d_{i1}	...	...	d_{n1}
$A2$	d_{12}	...	...	d_{22}	...	...	d_{32}	...	...	d_{i2}	...	...	d_{n2}
$A3$	d_{13}	...	...	d_{23}	...	...	d_{33}	...	...	d_{i3}	...	...	d_{n3}
Aj	d_{1j}	...	...	d_{2j}	...	...	d_{3j}	...	...	d_{ij}	...	...	d_{nj}
Am	d_{1m}	...	...	d_{2m}	...	...	d_{3m}	...	...	d_{im}	...	...	d_{nm}

6. Обобщенная функция желательности Харрингтона (критерия оптимизации) j -го актора определяется как среднегеометрическое частных желательностей по формуле:

$$D_j = \sqrt[n]{d_{1j} \cdot d_{2j} \cdot d_{3j} \cdot \dots \cdot d_{ij} \cdot \dots \cdot d_{nj}} \quad (4.24)$$

Среднегеометрическое позволяет исключить любого участника, который не будет соответствовать хотя бы по одному параметру, по которому задано строгое ограничение.

По критерию $D_j \rightarrow 1$ устанавливаем наилучшие проекты с оптимальным потенциалом. Чем ближе к единице оценка потенциала проекта, тем лучше этот участник для экосистемы с позиции оценки всех составляющих элементов потенциала. Полученные остальные оценки альтернативных проектов сопоставляется с предпочтениями шкалы желательности и могут

быть использованы как альтернативные варианты (при оценках «удовлетворительно», «хорошо», «очень хорошо»).

4.4 Методика оценки ресурсной эффективности промышленных экосистем, формируемых на основе симбиотических связей между акторами

Проблему повышения эффективности использования ограниченных ресурсов рассматривают теория экономического роста Р. Солоу, теория мирохозяйственных (технологических) укладов, разрабатываемая Н. Д. Кондратьевым и С. Ю. Глазьевым, теория управления ресурсами Дж. Стиглица, концепция устойчивого развития, которая определила направления современных исследований в экономике, экологии, социологии и других науках [15,159, 225, 227].

Под высокой ресурсной эффективностью понимают обеспечение желаемого объема выпуска продукции с возможно меньшими затратами всех видов ресурсов: природных, финансовых и человеческих [75]. На практике ресурсная эффективность является одним из видов эффективности наряду с экономической, социальной, экологической и применяется для оценок характера использования ресурсов в отдельных сферах экономической деятельности – отраслях. Стремление к повышению эффективности использования ресурсов способствует технологическим инновациям, повышению занятости, открывает новые экспортные рынки и приносит пользу потребителям за счет более устойчивых продуктов [93]. Для повышения ресурсной эффективности на региональном уровне следует придерживаться принципов промышленного симбиоза – организовывать взаимодействие хозяйствующих субъектов таким образом, чтобы «побочные или нежелательные продукты одного предприятия становились исходными ресурсами (сырьем) для других предприятий» [94-95]. «Эффективность участия в проекте (project participation efficiency) может определяться по

отношению к различным типам участников [52]. Соответственно оценивается:

- эффективность участия предприятий в реализации проекта;
- эффективность проекта для акционеров акционерных предприятий-участников проекта;
- эффективность для структур более высокого уровня по отношению к предприятиям-участникам проекта (народного хозяйства, регионов, отраслей);
- бюджетная эффективность проекта, отражающая эффективность проекта с точки зрения бюджетов различных уровней).

В международной практике для оценки ресурсной эффективности часто используют набор показателей, представленный в дорожной карте «К ресурсосберегающей Европе». Несмотря на то, что данная система измерения ресурсной эффективности является доступной и простой, она имеет некоторые существенные ограничения:

- оценка эффективности использования ресурсов через соотношение конечной стоимости продукта к количеству потребленного сырья для его производства не отражает уровень воздействия на окружающую среду, в том числе, за пределами границ определенной территории (например, за счёт дальнего переноса загрязняющих веществ);
- измерение ресурсной эффективности через натуральные показатели не учитывает их ограниченность и экономическую ценность;
- направленность показателей на ретроспективу, что исключает учет спроса на сырье со стороны новых предприятий и изменения структуры потребления;
- целевые показатели ресурсной эффективности носят количественный характер без учета качественных изменений [120].

Кроме того, классические методики оценки эффективности не подходят для оценки сетевых интеграционных объединений, так как в большей части являются статическими, а в динамических методах

учитывается только фактор времени через систему дисконтирования. Промышленные, инновационные и территориальные экосистемы относятся к типу открытых синергетических систем, в которых происходит постоянная диффузия знаний, технологий и ресурсов. Соответственно при интеграции возникают сетевые спилловер-эффекты.

Предложенная автором методика оценки промышленных экосистем основана на концепциях общей экономической ценности, альтернативной стоимости (упущенная выгода) и методологии Т. Гилберта (T. Gilbert). В основе его теории лежит мысль о том, что промышленные предприятия должны стремиться минимально возможными усилиями достигать оптимальных результатов, чтобы таким образом сэкономить возможности или ресурсы в широком смысле этого слова. По мнению Гилберта, балансовый метод изучения ресурсной эффективности обеспечивает полноту охвата деятельности промышленных предприятий и комплексный анализ ресурсных потоков.

Перспективной с точки зрения комплексности подхода к оценке ресурсной эффективности с учетом ее прямых ресурсных и ассимиляционных функций является *концепция общей экономической ценности* (TEV), описанная М. Портером и М. Креймером [78]. По мнению Дж. Элкингтона «устойчивость может быть конечной формой общей ценности». Величина TEV является суммой двух агрегированных показателей: стоимости использования (UV) и стоимости неиспользования (NV). В свою очередь стоимость использования является суммой трех слагаемых:

- прямая стоимость использования (DV);
- косвенная стоимость использования (IV);
- стоимость отложенной альтернативы (OV - потенциальная ценность)[160].

Показатель стоимости неиспользования отражает социальные аспекты значимости природы для общества. Он часто определяется только величиной

стоимости существования (EV). Иногда в стоимость неиспользования включается также стоимость наследования. Таким образом, в теории величина общей экономической ценности определяется как сумма четырех слагаемых:

$$TEV = DV + IV + OV + EV \quad (4.25)$$

Общие ценности создаются тремя основными способами:

- 1 Переосмысление продуктов и рынков.
- 2 Повышение эффективности в цепочке создания стоимости.
- 3 Развитие интеграционных сетевых форм взаимодействия.

Концепция альтернативной стоимости (упущенная выгода) является одной из основополагающих в экономической теории. В экономике природопользования альтернативные стоимости позволяют оценить природный объект или ресурс, имеющие заниженную или вообще не имеющие рыночную цену, через упущенные доходы и выгоды, которые можно было бы получить при использовании данного объекта или ресурса в других целях. Альтернативные стоимости также включают выгоды, которые могли бы быть получены от альтернативного использования (например, отходы производства могли бы быть использованы в качестве сырья другими предприятиями). Чем меньше альтернативная стоимость природного ресурса, тем меньше нужно затрат для компенсации экономических потерь от сохранения этого блага. Этот подход используется на практике для измерения «стоимости сохранения». При расчете упущенной выгоды принято использовать базовую формулу, по которой из потенциального дохода вычитают потенциальные расходы.

Авторская методика оценки промышленных экосистем, формирующихся на основе симбиотических связей, состоит из пяти этапов, в каждом предложены подходы, которые могут быть использованы как отдельно для экспресс-анализа, так и в качестве комплексного

инструментария ресурсной эффективности промышленных предприятий и экосистем (рисунок 4.4).

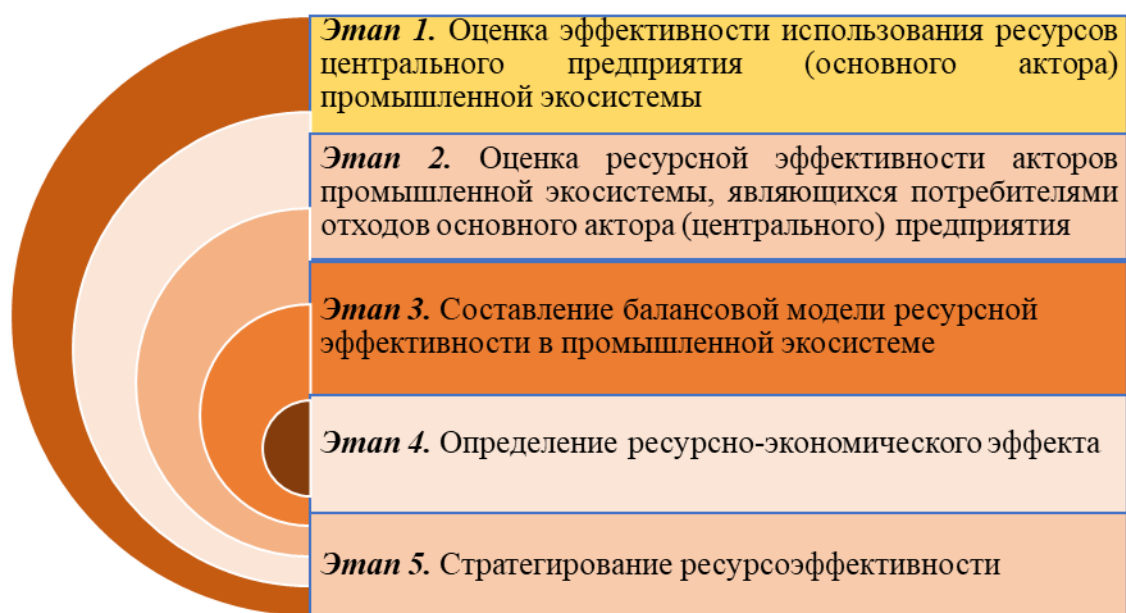


Рисунок 4.4 - Методика оценки ресурсной эффективности промышленных экосистем

Этап 1. Оценка эффективности использования ресурсов предприятия (основного актора) промышленной экосистемы

В предыдущих разделах исследования были подробно описаны принципы функционирования промышленных экосистем, в том числе формирующихся на основе симбиотических связей. Промышленный симбиоз представляет собой форму межорганизационных отношений, когда излишние или побочные продукты одних производств становятся ресурсами для других, а обмен осуществляется на основе партнерских отношений с целью повышения конкурентных преимуществ. Объединение предприятий на основе симбиотических связей для обеспечения циркуляции побочных ресурсов ориентировано на сведение к минимуму потребления первичных ресурсов и количества образующихся отходов. Понимание необходимости повышения ресурсной и экологической эффективности, важности реализации проектов по технологической модернизации, стремление к совместному поиску оптимальных технических решений, а также технологическая

возможность одного из партнеров использовать побочные продукты другого, являются стимулами в формировании симбиотического партнерства. В результате возникает экономия на платежах за загрязнение окружающей среды, дополнительные доходы от продажи продукции (отходов), снижается размер эколого-экономического ущерба.

Формула для оценки ресурсной эффективности (\mathcal{E}_p) основного предприятия, являющегося актором промышленной экосистемы, функционирующей на основе симбиотических связей, в результате деятельности которого образуются отходы, являющиеся первичными ресурсами для других предприятий:

$$\mathcal{E}_p = \sum_{t=1}^n \frac{V_{\text{отх}} + \Delta\Pi_{\text{л}} + \Delta Z_{\text{отх}} \pm \Delta T + A}{(1+d)^t} - \sum_{t=1}^m \frac{I_t}{(1+d)^t}, \quad (4.26)$$

- где $V_{\text{отх}}$ - годовой объем отходов в стоимостном выражении, руб.;
- $\Delta\Pi_{\text{л}}$ - сокращение платежей за загрязнение окружающей среды, хранение отходов, руб.;
- $\Delta Z_{\text{отх}}$ - изменение затрат на сбор и утилизацию отходов, руб.;
- ΔT - сокращение (увеличение) транспортных расходов, руб.;
- I_t - инвестиции в инновационные технологии в период времени t , руб.;
- A - амортизация, руб.
- d - ставка дисконтирования

Этап 2. Оценка ресурсной эффективности акторов промышленной экосистемы, являющихся потребителями отходов основного предприятия

Стремление промышленных компаний к экосистемному взаимодействию отражает степень коллаборативной зрелости предприятий, их активность, согласованность и готовность к сотрудничеству.

Эффективность использования энергии, материалов, сырья и прочих ресурсов компаний предлагается оценивать по формуле:

$$\mathcal{E}_p = \sum_{t=1}^n \frac{O_c + \Delta Z_{\text{отх}} \pm \Delta T + A}{(1+d)^t} - \sum_{t=1}^m \frac{I_t}{(1+d)^t} \quad (4.27)$$

где O_c - годовой объем (количество) отходов, используемых в качестве сырья (вместо первичных ресурсов) в стоимостном выражении, руб.

В результате симбиотического партнерства в промышленных экосистемах возникают спилловер-эффекты (“spillover effects”, «дополнительные, не учитываемые эффекты»).

В экономической теории существует два направления, в которых рассматриваются спилловер-эффекты:

1) Неоклассическая теория экономического роста отмечает знания как особый фактор, который способствует долгосрочному росту. Технологию данная теория рассматривает как благо, которое способно принести пользу обществу, так как знания определяются экзогенными условиями.

2) Теория эндогенного роста связывает долгосрочный экономический рост с инвестициями в инновации, человеческий капитал и экстерналильные эффекты. В данном случае именно знания будут обеспечивать переток знаний.

«Выделяют горизонтальные спилловер-эффекты (horizontal spillovers) — это эффекты, которые возникают внутри определенной совокупности предприятий, непосредственно внутри отрасли или территории. Вертикальные внешние эффекты (vertical spillovers) — это межотраслевые эффекты в цепочке «поставщик — покупатель». Они возникают в одной из отраслей в ответ на изменения в другой, находящейся с первой на разных уровнях одной технологической цепи» [148].

К положительным спилловер-эффектам можно отнести эффекты спроса и предложения, налоговые эффекты, снижение негативного воздействия на

окружающую среду, повышение качества жизни людей, проживающих в регионах присутствия и т. д. [112].

Этап 3. Составление балансовой модели ресурсной эффективности в промышленной экосистеме

Ресурсную эффективность промышленных экосистем можно оценить с позиции баланса материальных потоков. Под технологией движения материального потока будем понимать процесс изменения пространственного и временного положения, а также количественного и качественного состояния его элементов (материальных ресурсов, незавершенного производства, готовой продукции и отходов производства).

Отходы производства и потребления, образующиеся на промышленных предприятиях, а также отходы, накопленные от прошлой хозяйственной деятельности, подвергаются переработке на специализированных предприятиях и возвращаются в экономику в виде вторичной продукции. Таким образом, создается схема движения потоков отходов, которая может быть описана математическим способом с помощью системы балансовых уравнений. Балансовое уравнение в схеме материальных потоков имеет следующий вид:

$$\sum x_i = \sum y_i + \sum z_i \quad (4.28)$$

где $\sum x_i$ - суммарное количество ресурсов, потребляемых предприятием;

$\sum y_i$ - суммарное количество продукции, произведенной предприятием;

$\sum z_i$ - суммарное количество отходов, произведенных промышленным предприятием и размещенных в окружающей среде.

При создании замкнутой схемы потоков ресурсов количество произведенных и размещенных в окружающей среде отходов должно стремиться к 0, т. е. система управления отходами обеспечивает выполнение условия $\sum z_i \rightarrow 0$. Следовательно, в переработку вовлечены образующиеся и накопленные отходы производства и потребления с дальнейшим производством на их основе вторичного сырья и продукции, которые заменяют первичное сырье и другие технологические компоненты. Это

возможно в связи с тем, что переработка отходов промышленных предприятий включает прежде всего извлечение содержащихся в них компонентов, которые представляют технологическую ценность, главным образом для этих же промышленных предприятий.

В результате функционирования промышленного предприятия суммарное количество произведенных отходов должно быть равно суммарному количеству произведенных на их основе вторичных ресурсов и готовой продукции:

$$\sum Z_i = \sum X'_i + \sum Y'_i \quad (4.29)$$

где $\sum Y'_i$ и $\sum X_i$ - суммарное количество вторичных ресурсов и продукции из них, произведенных предприятием. Тогда балансовое уравнение материальных потоков примет вид:

$$\sum X_i = \sum Y_i + \sum X'_i + \sum Y'_i \quad (4.30)$$

Это уравнение соответствует схеме материальных потоков, созданной на основе циркулярных моделей. Преобразованное уравнение в виде

$$\sum X_i - \sum X'_i = \sum Y_i + \sum Y'_i \quad (4.31)$$

показывает, что в условиях экономики замкнутого цикла количество потребляемых первичных ресурсов снижается на величину вовлеченных в производственный процесс вторичных ресурсов при одновременном увеличении суммарного количества производимой продукции на величину произведенной из вторичных ресурсов продукции.

Этап 4. Определение ресурсно-экономического эффекта в промышленных экосистемах

Ресурсная эффективность показывает, что экономическое развитие опережает рост использования сырья и увеличение выбросов, а не абсолютное снижение нагрузки на окружающую среду. Поэтому при анализе функционирования промышленных экосистем недостаточно оценивать темпы роста выпуска продукции над использованием ресурсов и связанное с ним воздействие на окружающую среду. Необходимо учитывать общественную эффективность, и сопровождается ли рост экономического

производства снижением использования ресурсов. С позиции общественной эффективности снижение негативного воздействия на окружающую среду приводит, прежде всего, к повышению уровня качества жизни населения в промышленных регионах. Ресурсно-экономический эффект можно определить, сопоставив объем произведенной продукции в стоимостном выражении к объему используемых природных ресурсов.

Ресурсно-экономический эффект (*REE*) :

$$REE = SR / IV, \quad (4.32)$$

где: *SR* – относительное изменение, экономия от снижения потребления ресурсов за определенный период; *IV*, – относительное изменение, рост доходов или стоимости промышленных предприятий за аналогичный период; *REE* – ресурсно-экономический эффект, выраженный в относительных единицах.

$REE > 1,0$ – ресурсно-экономический эффект отсутствует; $REE = 1,0$ темпы экономического роста и загрязнения окружающей среды одинаковы; $REE < 1,0$ наблюдается ресурсно-экономический эффект.

Описанная выше методика позволяет не только оценивать экономические последствия нерационального использования ресурсов, но и является основой для стратегирования ресурсной эффективности на мезо уровне (регионы, территории) и разработки стратегии снижения затрат на микроуровне (промышленные предприятия, симбиозы, экосистемы).

Этап 5. Стратегирование ресурсной эффективности

Ресурсная эффективность рассматривается как важнейший фундаментальный концепт перехода технологического развития на новый уровень. Важным инструментом, позволяющим результативно реализовывать промышленную стратегию, является планирование через формирование комплекса программ и проектов. «Согласно ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» (от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ), стратегическое планирование – область деятельности в сфере государственного управления и менеджмента организаций, суть которой

заключается в целеполагании, прогнозировании и программировании различных процессов, в частности социально-экономического развития страны. Исходя из определения, стратегическое планирование может осуществляться на уровне страны, региона, отдельных отраслей промышленности и предприятий как объектов стратегического управления» [93, 252,265].

Под стратегией ресурсной эффективности предприятия следует понимать систему долгосрочных целей, определяемых общими задачами его развития, а также выбор наиболее эффективных путей их достижения. Ресурсоэффективную стратегию можно представить как генеральное направление (программу, план) деятельности предприятия, следование которому в долгосрочной перспективе должно привести к достижению целей ресурсной эффективности и получению ожидаемого экономического, экологического, социального эффектов. Стратегия определяет приоритетные направления и формы ресурсоэффективной деятельности промышленного предприятия, источники формирования инвестиционных ресурсов и последовательность этапов реализации долгосрочных целей, обеспечивающих достижение ключевых ориентиров развития предприятия. Стратегия по направлениям действий и конкретным мероприятиям должна быть согласована с национальными целями и учитывать региональные и отраслевые планы развития, а также стратегические ориентиры промышленных предприятий. Инструменты стратегирования ресурсной эффективности на мезо и микроуровнях представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 - Инструменты стратегирования ресурсной эффективности

Мезоуровень	Микроуровень
Организационно-управленческие подходы к использованию вторичных ресурсов в производственных процессах	Технологические процессы: инновации, модернизация, реконструкция
Институциональные и отраслевые инструменты вовлечения ресурсов во вторичный оборот.	Отказ от устаревших технологий. Своевременное обновление основных фондов, в т. ч. за счет внедрения НДТ
Межотраслевая коллаборация	Интеграция промышленных

промышленных субъектов в рамках макрорегионов. Выстраивание региональных цепочек добавленной стоимости. Экспертное сообщество, как инструмент принятия решения.	предприятий и компаний в промышленные симбиозы, экосистемы, кластеры, экоиндустриальные парки. Формирование симбиотических связей. Создание единой цифровой платформы для эффективного взаимодействия всех заинтересованных участников.
---	---

Источник: составлено автором на основе [93-95].

Комплекс научных знаний и научно обоснованных мероприятий целесообразно рассматривать как основу стратегирования повышения ресурсной эффективности. Преимуществами объединения предприятий и организаций в промышленные симбиозы являются возможность обмена вторичными ресурсами (для последующей переработки), снижение производственных расходов за счет повышения показателей ресурсной эффективности и уменьшения величины материалоемкости, сокращение издержек на размещение и очистку промышленных отходов.

К стратегическим задачам современного технологического и экономического развития промышленного сектора можно отнести следующее:

- формирование принципиально новой системы обращения с отходами, когда отходы переходят из категории побочных продуктов в сырье для создания новых видов готовой продукции. Наиболее актуальным направлением является поиск способов создания промышленных симбиозов и экосистем, а также возможностей эффективной переработки отходов производства;
- создание и внедрение «умных» и цифровых промышленных объектов, функционирующих на основе принципов экономики замкнутого цикла;
- рост эффективности использования ресурсного потенциала, сокращение материалоемкости и энергоемкости производств с одновременным повышением глубины переработки источников минеральных ресурсов.

Организационно-экономический механизм развития промышленных экосистем должен представлять собой многоуровневую систему организационных и экономических методов и инструментов, и быть направленным на реализацию стратегических приоритетов (рисунок 4.5).

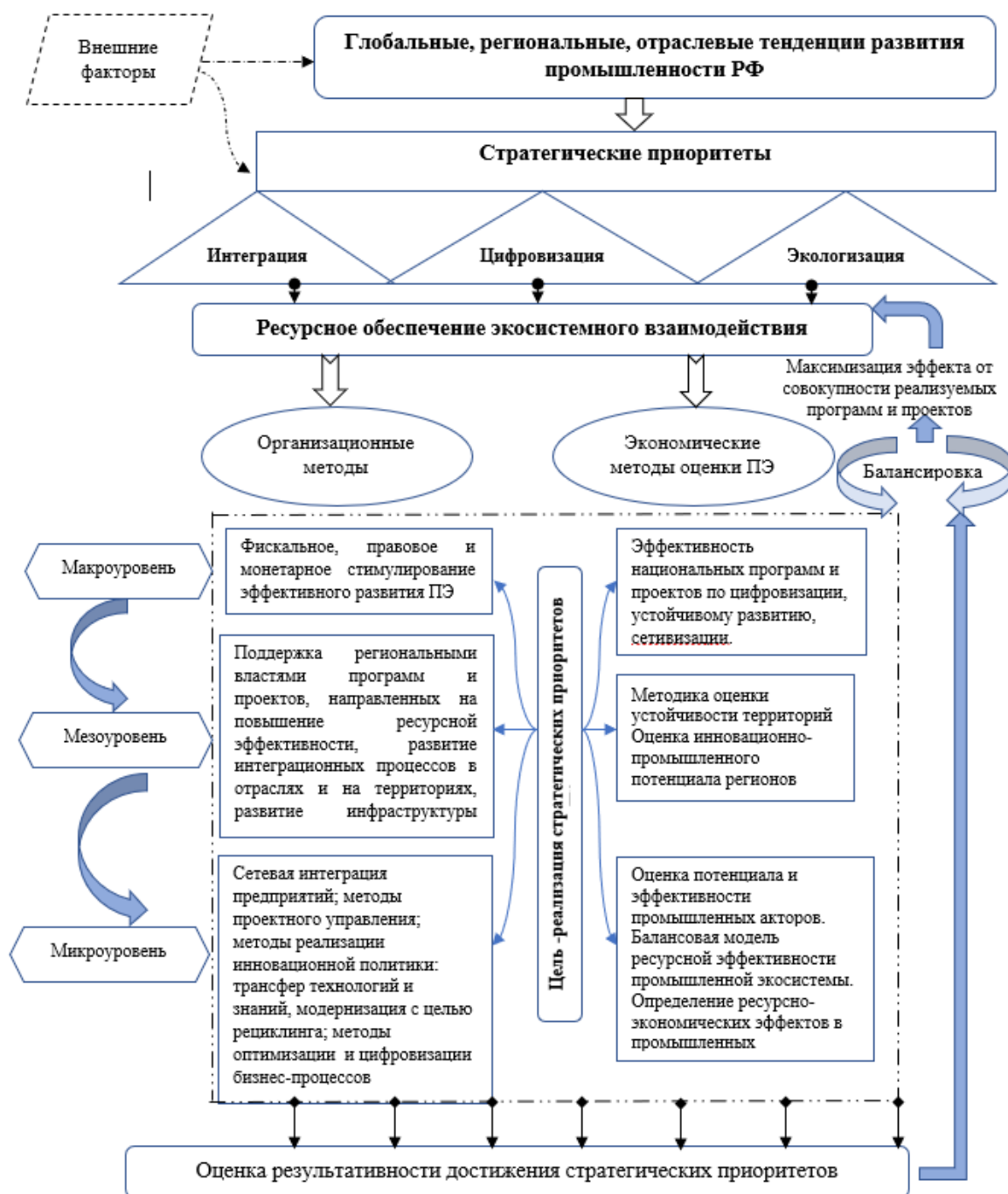


Рисунок 4.5 –Организационно-экономическая модель промышленных экосистем

Источник: составлено автором

Под организационно-экономическим механизмом развития промышленных экосистем в диссертационном исследовании понимается целостная система методов и подходов, успешно реализуемых при определенных условиях, и обеспечивающая акторам через экосистемное взаимодействие условия для накопления, распределения, обмена и оценки ресурсов.

Выводы к главе 4

Разработана методология формирования и развития промышленных экосистем, позволяющая обосновать возможности самонастройки и самоорганизации в сетевых промышленных структурах, предполагающая трехэтапную оценку эффективности экосистемного взаимодействия: оценка потенциала актора на соответствие роли в проекте экосистемы; оценка актора с позиции эффективности выполнения его роли в конкретном проекте; оценка актора на основе реализации ряда проектов. Отличительной особенностью предложенной методологии является система критериев и показателей оценки претендентов на роль акторов промышленной экосистемы, включающая интегрированные показатели – технологический и инновационный потенциалы, экологичность, управленческую зрелость и др. на базе которых принимается решение о целесообразности функционирования предприятия в качестве актора.

Предложены методические подходы к формированию промышленной экосистемы на основе интегральной оценки потенциалов участников. Обоснована необходимая и достаточная для оценки потенциалов экосистемы, акторов и экосистемных проектов совокупность этапов, подлежащих реализации в ходе взаимодействия акторов промышленной экосистемы.

Разработана методика оценки ресурсной эффективности промышленных экосистем, формируемых на основе симбиотических связей между акторами, которая состоит из нескольких этапов: оценка эффективности использования ресурсов предприятия (основного актора)

промышленной экосистемы; оценка ресурсной эффективности акторов промышленной экосистемы, являющихся потребителями отходов основного предприятия; составление балансовой модели ресурсной эффективности в промышленной экосистеме и определение ресурсно-экономического эффекта. Проведен анализ инструментов стратегирования ресурсной эффективности на мезо и микроуровнях.

ГЛАВА 5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

5.1 Оценка устойчивого развития территорий РФ на основе экосистемного и энтропийного подходов

На основе вышеизложенной методики проведена оценка устойчивости 10 регионов РФ. Информационной базой для оценки устойчивости территорий являются данные Росстата, статистики федеральных ведомств, индексы рейтинговых агентств RAEX, “Зеленый патруль”, РИА рейтинг (таблица 5.1). Таблица 5.1 - Статистические данные для оценки устойчивости территорий за 2019–2021 гг., (в баллах)

Территория	Уровень качества жизни			Индекс научно-технического развития			Экологический индекс		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Смоленская область	47,39	46,82	47,43	30,59	29,21	29,68	55,00	59,00	63,00
Иркутская область	39,82	41,79	43,45	33,36	33,07	31,33	42,00	43,00	47,00
Ярославская область	49,16	48,66	51,74	49,7	48,14	46,31	60,00	65,00	68,00
Архангельская область	34,64	35,24	37,42	38,95	37,70	36,49	57,00	59,00	61,00
Тюменская область	57,02	56,78	57,74	54,37	54,16	54,46	61,00	65,00	67,00
Нижегородская область	56,00	57,00	60,00	69,00	68,00	65,00	43,00	52,00	60,00
Челябинская область	52,00	51,00	54,00	51,00	49,00	47,00	40,00	44,00	48,00
Курская область	54,00	55,00	56,00	40,00	38,00	35,00	62,00	66,00	71,00
Волгоградская область	41,00	46,00	48,00	39,00	39,00	33,00	51,00	56,00	58,00
Московская область	75,00	76,00	76,00	63,00	65,00	62,00	44,00	47,00	52,00
Субъект РФ с максимальным значением показателя	79,28	82,16	81,35	78,48	78,43	79,61	73,00	76,00	78,00

Источник: составлено автором на основе [31,32,45, 63, 85-88, 108-109].

Далее, применив индексный метод, была проведена оценка уровня использования человеческого, производственного и природного капитала территории на основе интегральных показателей - качество жизни, индекс научно-технического развития и экологический индекс (таблица 5.2). Сопоставив полученные значения по каждому региону с субъектом РФ, имеющим максимальное значение аналогичного показателя, получили результаты оценки уровня использования капитала для 10 территорий.

Таблица 5.2 - Результаты расчета уровня использования капитала территорий за 2019–2021 гг., в долях

Территория	Уровень использования капитала								
	Человеческого			Производственного			Природного		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Смоленская область	0,60	0,57	0,58	0,39	0,37	0,37	0,75	0,78	0,81
Иркутская область	0,50	0,51	0,53	0,43	0,42	0,39	0,58	0,57	0,60
Ярославская область	0,62	0,59	0,64	0,63	0,61	0,58	0,82	0,86	0,87
Архангельская область	0,44	0,43	0,46	0,49	0,48	0,46	0,78	0,78	0,78
Тюменская область	0,72	0,69	0,71	0,69	0,69	0,68	0,84	0,86	0,86
Нижегородская область	0,71	0,69	0,74	0,88	0,87	0,82	0,59	0,68	0,77
Челябинская область	0,66	0,62	0,66	0,65	0,63	0,59	0,55	0,58	0,62
Курская область	0,68	0,67	0,69	0,51	0,49	0,44	0,85	0,87	0,91
Волгоградская область	0,52	0,56	0,59	0,50	0,50	0,41	0,70	0,74	0,74
Московская область	0,95	0,93	0,93	0,80	0,83	0,78	0,60	0,62	0,67

В работе для оцениваемых территорий проведен корреляционный и дисперсный анализ трех видов капитала (человеческого – X1, производственного – X2, природного – X3) и интегрального показателя (Y) – уровень устойчивого развития территории, определены стандартная ошибка, вид связи и значимость модели по критерию Фишера. Результаты представлены в таблицах 5.3 -5.6

Таблица 5.3- Регрессионная статистика

Множественный R	0,965081386
R-квадрат	0,931382081
Нормированный R-квадрат	0,897073122
Стандартная ошибка	0,03101234
Наблюдения	10

Таблица 5.4 - Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	0,078326849	0,02610895	27,14690555	0,000688299
Остаток	6	0,005770591	0,000961765		
Итого	9	0,08409744			

Таблица 5.5 – Коэффициенты регрессии

	<i>Коэф.</i>	<i>Стандарт. ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y	0,167842	0,093307323	1,7988181	0,122152	-0,06047	0,396157	-0,060471	0,3961577
X1	0,002633	0,001556447	1,6920096	0,141592	-0,001174	0,006442	-0,001174	0,0064420
X2	0,005365	0,001266894	4,2348160	0,005470	0,002265	0,008465	0,002265	0,0084650
X3	0,001884	0,001244759	1,5136249	0,180888	-0,00116	0,004929	-0,001161	0,0049299

Таблица 5.6 – Корреляционный анализ

	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>Y</i>
X1	1			
X2	0,77693385	1		
X3	-0,047045689	-0,052478376	1	
Y	0,838840045	0,934354577	0,110816642	1

По результатам корреляционного анализа можно сделать следующие выводы. Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о *сильной* линейной связи между X1 уровнем использования человеческого капитала и Y интегрированным показателем устойчивости ($r = 0,8388$). Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о *сильной* линейной связи между X2 уровнем использования производственного капитала и Y интегрированным показателем устойчивости ($r = 0,9344$).

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о *низкой* линейной связи между X3 уровнем использования природного капитала и Y интегрированным показателем устойчивости ($r = 0,1108$). Коэффициент детерминации R-квадрат = 0,9314 (аппроксимация высокая). Значимость F = 0,000688 ($p < 0,05$ – регрессионная модель значима).

В результате анализа полученных результатов было установлено, что уровень использования производственного капитала имеет максимальное значение в Нижегородской области, что подтверждается статистическими данными про промышленному развитию области. Индекс промышленного производства в 2021 году составил 113,8 %, Наибольший рост выпуска продукции зафиксирован в сфере производства машин и оборудования (44,7%), металлургической продукции (26,8 %), кокса и нефтепродуктов (25,2 %). При этом уровень использования природного капитала выше среднего и находится в диапазоне от 0,70 % до 0,74. Такая ситуация характерна для территорий, в состав которых входят крупнейшие промышленные предприятия.

Наилучшие показатели по уровню использования человеческого капитала в Московской области. В 2021 году данная область вошла в тройку регионов-лидеров по качеству жизни. Это обусловлено близостью к Москве, наличием рабочих мест, созданию современной инфраструктуры и хорошей экологической ситуацией в отдельных городах.

Сложная экологическая ситуация сохраняется в Иркутской области, которая обеспечивает 6,5% производства электроэнергии в РФ, 15 % древесины РФ, 6 % добычи угля РФ, почти 20 % общероссийского производства целлюлозы, более 10 % картона, перерабатывается около 9 % нефти. В Челябинской области стоит также обратить внимание на состояние окружающей среды. Несмотря на значительный объем инвестиций в природоохранную деятельность в период 2018–2021 гг., в анализируемой области экологические показатели находятся на уровне ниже среднероссийских. В Ярославской области необходимо повышать уровень

использования человеческого и производственного капитала для обеспечения сбалансированного и устойчивого развития в долгосрочной перспективе.

Для оценки состояния устойчивости территорий определена энтропия уровня использования совокупного капитала. Результаты расчетов представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 - Результаты расчета энтропии уровня использования совокупного капитала территорий за 2019–2021 гг.

Территория	Значение энтропии		
	2019	2020	2021
Тюменская область	0,922	0,926	0,916
Ярославская область	1,080	1,077	1,040
Смоленская область	1,283	1,273	1,233
Архангельская область	1,304	1,315	1,308
Иркутская область	1,482	1,486	1,453
Нижегородская область	0,960	0,910	0,840
Челябинская область	1,270	1,290	1,270
Курская область	1,040	1,040	1,000
Волгоградская область	1,340	1,340	1,280
Московская область	0,770	0,750	0,760

Чем выше уровень использования капитала, тем ниже энтропия и соответственно выше устойчивость территории. Энтропия Московской, Нижегородской и Тюменской областей находится в пределах от 0 до 1, что соответствует стационарному равновесному состоянию или сильной устойчивости. Энтропия остальные 7 областей находится в пределах от 1 до 1,5, что соответствует стационарному неравновесному состоянию или слабой устойчивости. Исследуемым областям необходимо повышать уровень использования человеческого капитала для обеспечения сбалансированного и устойчивого развития в долгосрочной перспективе. Большой запас биоемкости характерен для многих территорий РФ, что с одной стороны, делает их независимыми от других регионов, а с другой стороны, приводит к нерациональному потреблению и перерасходу природных ресурсов.

Предлагаемая система интегральных показателей для оценки устойчивости территориальной экосистемы может быть использована в качестве инструмента при разработке стратегий устойчивого регионального развития. Сравнительный анализ и разработку стратегии по повышению устойчивости целесообразно осуществлять для групп регионов предварительно их ранжировав по уровню инновационно-промышленного потенциала. Данный подход подробно описан в п. 3.3 диссертации.

Определен уровень развития инновационно-промышленного потенциала для четырех арктических территорий РФ: Архангельской области, Мурманской области, Карелии, Республики Саха, Красноярского края по данным Росстата. Подробный расчет потенциала представлен на примере Архангельской области за период 2019–2021 гг. (таблицы 5.8–5.12)

Таблица 5.8 – Производственный потенциал Архангельской области

№	Показатель	Ед. изм.	Параметр	2019	2020	2021
1. Производственный потенциал						
1.1	Стоимость ОФ, на 1000 чел.	руб./чел	Ресурсный потенциал промышленности	0,391	0,378	0,409
1.2	Доля организаций, выполняющая исследования и разработки	%	Восприимчивость промышленности к инновациям	1,811	1,561	1,257
1.3	Фондоотдача	руб.	Эффективность использования производственных ресурсов	0,359	0,223	0,191
1.4	Степень износа основных фондов	%	Состояние производственных ресурсов	0,602	0,474	0,612

Источник: составлено автором

Таблица 5.9 – Финансовый потенциал Архангельской области

№	Показатель	Ед. изм.	Параметр	2019	2020	2021
2. Финансовый потенциал						
2.1	Доля инвестиций в основной капитал	%	Степень приоритетности стратегических задач развития промышленности территории	0,262	0,200	0,252
2.2	Объем иностранных инвестиций в расчете на душу населения	долл. США	Степень интеграции региона в мировую экономику	0,005	0,003	0,001
2.3	Объем инвестиций в основной капитал в расчете на душу	руб.	Уровень финансового обеспечения стратегических задач промышленности территории	0,047	0,040	0,049
2.4	Внутренние затраты на научные исследования и разработки по отношению к ВРП	%	Степень приоритетности задач научно–инновационного развития	0,056	0,047	0,052

Таблица 5.10 – Человеческий потенциал Архангельской области

№	Показатель	Ед. изм.	Параметр	2019	2020	2021
3. Человеческий потенциал						
3.1	Численность персонала, занятого исследованиями и разработками на 100 тыс. чел.	чел.	Степень привлекательности научно-инновационной сферы для трудовых ресурсов	0,005	0,005	0,005
3.2	Доля работников с высшим образованием в общей численности занятых,	%	Интеллектуальный ресурс промышленности	0,551	0,562	0,548
3.3	Доля работников со средним профессиональным образованием в общей численности занятых	%	Интеллектуальный ресурс промышленности	0,986	0,998	0,988

Таблица 5.11 – Инфраструктурный потенциал Архангельской области.

№	Показатель	Ед. изм.	Параметр	2019	2020	2021
4. Инфраструктурный потенциал						
4.1	Густота железнодорожных путей общего пользования, километров на 1000 кв.	км	Плотность транспортной инфраструктуры	0,295	0,296	0,296
4.2	Густота автомобильных дорог с твердым покрытием километров дорог на 1000 кв. км	км		0,120	0,119	0,114
4.3	Протяженность внутренних водных судоходных путей	км	Обеспеченность промышленности энергией	0,251	0,251	0,251
4.4	Мощность электростанций	млн кВт		0,084	0,083	0,080

Далее был произведен расчет интегрального показателя по группам: производственный, финансовый, человеческий, финансовый потенциал. Аналогичным образом рассчитан инновационно-промышленный потенциал других Арктических регионов.

Таблица 5.12 - Оценка Арктических регионов по уровню инновационно-промышленного развития

Регион	2019	2020	2021
Архангельская область	0,367	0,331	0,337
Мурманская область	0,182	0,183	0,239
Карелия	0,290	0,270	0,310
Республика Саха	0,360	0,330	0,340
Красноярский край	0,830	0,809	0,813

Источник: составлено автором

В результате проведенного исследования было установлено, что в четырех из десяти рассматриваемых регионов уровень инновационно-промышленного развития ниже среднего. Только в Красноярском крае

наблюдается в динамике высокий уровень развития. Красноярский край обладает высоким производственным потенциалом поскольку является одним из крупнейших регионов по добыче и запасам ресурсов топливно-энергетического комплекса. Красноярский край богат запасами металлических руд, нефти и энергетическими ресурсами. Благодаря этому, в крае созданы крупные промышленные комплексы. Которые обеспечивают высокий уровень развития всех видов потенциалов.

Для регионов, имеющих потенциал ниже среднего уровня, был проведен факторный анализ с целью определения «узких мест» и разработки стратегии повышения инновационно-промышленного потенциала.

Архангельская область обладает развитой, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленностью. Однако социально-экономические показатели региона находятся на среднем уровне. Это связано в первую очередь с низким уровнем развития инфраструктуры, качества жизни, объема инвестиций и проблемами в энергетической и экологической сферах.

Республика Саха (Якутия) – стратегически значимый субъект Российской Федерации, расположенный в северо-восточной части Евразийского материка на пересечении кратчайших путей между Азией, Европой и Америкой. Несмотря на диверсификацию экономики, сохраняется ресурсно-сырьевая модель экономического роста Республики Саха (Якутия). При отсутствии на национальном уровне механизмов эффективного перераспределения экспортных доходов на развитие несырьевого сектора «локомотивом роста» остается добывающий сектор. По итогам 2021 года удельный вес инвестиций в основной капитал в объеме ВРП республики составил 27,3%, Основными направлениями инвестирования в экономику Якутии, как и в предыдущие годы являлось новое строительство, на долю которого приходилось от 65–85% общего объема инвестиций в основной капитал. Доля инвестиций, направляемых на модернизацию и реконструкцию, осталась на уровне предыдущего года (5,6%). Доля

инвестиций в основной капитал, направляемых организациями на приобретение основных средств, увеличилась на 3% по сравнению с 2020 г. до 22%.

Несмотря на достигнутые успехи, усиливается сырьевая экспортно-ориентированная модель экономики республики, зависимость от добычи полезных ископаемых, доля которой составила 45,2% в ВРП – 3 место в стране (в среднем по РФ – 10,4%), при этом доля добычи алмазов в Якутии по итогам 2021 года составила 20,1% от общего объема ВРП. Недостаточно развитая социальная инфраструктура, продолжающийся миграционный отток населения, в том числе квалифицированных кадров, низкое качество жизни наряду тормозят динамичное развитие Республики Саха (Якутия). Без опережающего развития инфраструктуры невозможно достижение ключевой стратегической цели Российской Федерации – закрепления населения на Дальнем Востоке России.

Мурманская область занимает важное геополитическое положение по отношению к индустриально развитым регионам, с которыми она связана наземными, водными и воздушными магистралями. Мурманск - крупнейший незамерзающий порт России, расположенный за Полярным кругом. Он является базовым по обеспечению перевозок грузов в районы Крайнего Севера, Арктики и дальнего зарубежья. Регион производит 100% апатитового, нефелинового и бадделеитового концентратов, является крупнейшим производителем никеля, обеспечивает 10% общероссийского производства железорудного концентрата, 7% - рафинированной меди, 13% - улова рыбы, 1,6% - электроэнергии. Однако в Мурманской области, так же, как и в Республике Саха низкий уровень развития человеческого капитала, что связано с неразвитой социальной инфраструктурой. Низким уровнем качества жизни.

Основой экономики Республики Карелия является индустриальный сектор (обрабатывающие и добывающие производства составляют более 30 % и транспортный комплекс составляет около 15 %, также значителен вклад

бюджетного сектора (образование, здравоохранение, государственное управление и оборона). В январе-июне 2022 года в Республике Карелия отмечается снижение объемов производства промышленной продукции, индекс производства составил 95,4 % (в целом по России этот показатель был равен 102,0 %). При этом снижение произошло по всем разделам промышленного производства: в добыче полезных ископаемых – на 4,3 %, в обрабатывающих производствах – на 4,4 %, в обеспечении электрической энергией, газом и паром, кондиционировании воздуха – на 5,9 %, в водоснабжении, водоотведении, организации сбора и утилизации отходов, деятельности по ликвидации загрязнений – на 6,7 %. Инвестиции в основной капитал в 2022 г. составили 14,9 млрд руб., что в 1,6 раза выше аналогичного периода прошлого года в сопоставимых ценах.

На основе проведенного анализа уровня инновационно-промышленного развития Арктических территорий предложена стратегия устойчивого сбалансированного развития, включающая 7 основных направлений:

- «Инфраструктура для жизни»: совершенствование транспортной, инженерной, жилищно-коммунальной инфраструктуры как необходимого условия для развития экономики и социальной сферы;
- «Развитие экономики и предпринимательства»: создание новых рабочих мест, повышение инвестиционной привлекательности, проведение кластерной политики, развитие индустрии промышленности и сферы услуг, создание условий для развития новых промышленных кластеров;
- «Развитие туризма и индустрии гостеприимства»: сохранение культурного и исторического наследия, создание современной индустрии гостеприимства;
- «Устойчивое пространственное развитие»: развитие межрегионального сотрудничества, расширение международного сотрудничества, проведение сбалансированной пространственной политики,

направленное на укрепление экономик регионов, создание комфортной городской среды, внедрение новых технологий;

- «Повышение экологической устойчивости и безопасности»: внедрение системы ценностей устойчивого развития, зеленой экономики, обеспечения устойчивого развития здорового населения, повышения качества жизни и качества жизни за счет решения экологических проблем для будущего поколения мультипликации тех возможностей, которые есть у региона на данный момент;

- «Социальное развитие»: обеспечение высокого качества жизни населения путем повышения качества социальных услуг, реализации духовного и культурного развития, межнационального согласия;

- «Эффективное управление»: создание современной системы управления развитием, внедрение передовой практики участия, новых инструментов налоговой, бюджетной и инвестиционной политики.

Предлагаемая система интегральных показателей для оценки уровня инновационно-промышленного потенциала может быть использована в качестве инструмента при разработке стратегий устойчивого регионального развития. Предложенная методология применима с соответствующей корректировкой для оценки инновационно-промышленного потенциала других субъектов Российской Федерации.

В целом для повышения уровня инновационно-промышленного потенциала исследуемых территорий необходимо внедрять в процесс государственного управления современные методы и механизмы стратегического планирования и проектного управления, связанные с механизмами принятия бюджетных решений в рамках программно-целевого подхода.

5.2 Оценка претендентов на роль акторов промышленной экосистемы «Технологии для повышения качества жизни»

Метод анализа иерархий (МАИ), описанный в четвертой главе диссертации, реализован на примере промышленной экосистемы «Технологии для повышения качества жизни». «Данная экосистема представляет интерес для оценки экосистемной привлекательности и устойчивости акторов, так как является трансграничной, кроссотраслевой и динамической экосистемой. Акторы в такой экосистеме представляют разные отрасли, научные центры, и распределение ролей между ними меняется в зависимости от жизненного цикла реализуемых проектов и экосистемы в целом. Пейсмейкером экосистемы являются инновационные технологии. [12].

Предметные области промышленной экосистемы «Технологии для повышения качества жизни»:

1. Развитие новых методов диагностики и разделения техногенных нано-размерных частиц, содержащихся в окружающей среде, для снижения их влияния на безопасность и качество жизни человека.

2. Технологическая реиндустриализация для создания мегаполиса будущего.

Проекты, реализуемые данной экосистемой:

Проект 1. «Разделение и концентрирование в химической диагностике функциональных материалов и объектов окружающей среды.

Проект 2. «Разработка и прототипирование инженерных решений»

Проект 3. «Управление отходами добычи и переработки минерального сырья»

Проект 4. «Искусственный интеллект и технологии для робототехники» [12].

Для реализации каждого проекта необходимо определить состав акторов экосистемы. На роли отдельных акторов претендуют несколько участников (таблица 5.13).

Таблица 5.13 - Распределение ролей акторов в промышленной экосистеме «Технологии для повышения качества жизни»

Роли экосистемы	Акторы
Инициатор, заказчик	Министерство образования РФ
Интегратор	НИТУ МИСИС
Разработчики	1. Лаборатория разделения и концентрирования в химической диагностике функциональных материалов и объектов окружающей среды НИТУ МИСИС; 2. Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН; 3. Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН.
Поставщики инвестиционных ресурсов	1. Грантовая поддержка Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. 2. Российские предприятия нанотехнологической отрасли (ООО «Вириал», НПФ «Микран», ЗАО «НЭВЗ-Керамикс»).
Поставщики уникальных ресурсов	1. Инжиниринговый центр прототипирования высокой сложности 2. Центр инжиниринга промышленных технологий
Промоутеры проектов	Центр коммерциализации технологий НИУ «МИСИС»
Генератор циркулярности	1. Центр инфраструктурного взаимодействия; 2. Brunel University.

Ключевую роль при разработке новых технологий и материалов играют разработчики. Проведем оценку привлекательности для экосистемы трех разработчиков с целью принятия решений другими акторами о сотрудничестве с ними на основе метода анализа иерархий через интегральные показатели. Разработчик 1 – лаборатория НИУ «МИСИС» (P_1); разработчик 2 - институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН (P_2); разработчик 3 - институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (P_3). Остальные акторы экосистемы выступили в роли экспертов и оценили трех участников, претендующих на роль разработчика в экосистеме «Технологии для повышения качества жизни» (таблица 5.14). Важность показателей в каждом из пяти блоков для разработчиков была определена экспертами по шкале от 0 до 5 [12].

Таблица 5.14 - Результаты перекрестной оценки кандидатов на роль «Разработчик» в экосистеме

№	Интегрированный показатель	Показатели	Экспертная оценка		
			P ₁	P ₂	P ₃
Б ₁	Технологический потенциал (Т)	К1.1 уровень эффективности технологических процессов	3	4	4
		К1.2 ресурсоемкость производства	5	4	3
		К1.3 качество продукции	4	5	5
		К1.4 уровень автоматизации и цифровизации производства	5	4	4
		К1.5 доля уникальных технологий в общей структуре	3	3	2
Б ₂	Экологичность (Е)	К2.1 уровень внедрения современных ресурсосберегающих «умных» технологий	3	4	4
		К2.2 объем финансирования природоохранной деятельности	2	3	3
		К2.3 количество промышленных отходов и ТБО	3	5	4
		К2.4 уровень загрязнения воды, воздуха, почвы	4	3	4
		К2.5 наличие образовательных экологических программ и проектов	5	3	4
Б ₃	Социальная среда (S)	К3.1 уровень социальных расходов и инвестиций в человеческий капитал	5	5	4
		К3.2 количество несчастных случаев в компании на 1000 сотрудников	5	3	4
		К3.3 степень удовлетворенности сотрудников качеством среды	4	3	3
		К3.4 уровень корпоративной культуры	4	3	4
		К3.5 наличие длительных взаимоотношений с партнерами и потребителями	5	5	3
Б ₄	Инновационный потенциал (I)	К4.1 уровень инновативности	5	4	5
		К4.2 обеспеченность инвестиционными ресурсами для финансирования инновационных программ и проектов	4	4	3
		К4.3 уровень квалификации и интеллектуального потенциала персонала	5	5	5
		К4.4 жизнеспособность инноваций	4	5	4
		К4.5 инновационная компетентность	5	4	4

Б ₅	Управленческая зрелость (G)	К5.1 уровень инфраструктурного развития	5	4	4
		К5.2 деловая репутация	4	3	4
		К5.3 ресурсная обеспеченность	4	4	3
		К5.4 сбалансированность обмена знаниями и ресурсами между акторами	4	3	4
		К5.5 уровень самоорганизации	3	3	3

Далее проведем парные сравнения значимости пяти блоков показателей для каждого претендента на роль актора – разработчик. Результаты сравнений представлены в таблице 5.15.

Таблица 5.15 - Матрица оценок значимости блоков показателей для разработчика

	Б ₁	Б ₂	Б ₃	Б ₄	Б ₅
Б ₁	1	5	1/5	1/5	1
Б ₂	1/5	1	1/9	1/9	1/5
Б ₃	5	9	1	1	5
Б ₄	5	9	1	1	5
Б ₅	1	5	1/5	1/5	1
Σ	12,200	29,000	2,511	2,511	12,200

3. Определим нормализованный вектор приоритетов (НВП):

а) рассчитаем среднее геометрическое в каждой строке матрицы:

$$a_1 = \sqrt[5]{1 \cdot 5 \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{5} \cdot 1} = 0,725$$

$$a_2 = \sqrt[5]{\frac{1}{5} \cdot 1 \cdot \frac{1}{9} \cdot \frac{1}{9} \cdot \frac{1}{5}} = 0,218$$

Аналогичным образом определены: $a_3=2,594$; $a_4=2,594$; $a_5=0,725$

б) рассчитаем сумму средних геометрических:

$$S=0,725+0,218+2,954+2,954+0,725=0,576$$

в) Для разработчика вычислены компоненты НВП:

$$\begin{aligned} НВП_1 &= \frac{0,725}{7,576} = 0,096; \quad НВП_2 = \frac{0,218}{7,576} = 0,028; \quad НВП_3 = \frac{2,954}{7,576} = 0,390; \\ НВП_4 &= \frac{2,954}{7,576} = 0,390; \quad НВП_5 = \frac{0,725}{7,576} = 0,096. \end{aligned}$$

4. Проверим согласованность оценок в матрице. Собственное значение матрицы :

$$а) \lambda_{\max} = 0,096 \cdot 12,2 + 0,028 \cdot 29 + 0,390 \cdot 2,511 + 0,390 \cdot 2,511 + 0,096 \cdot 12,2 = 5,1276$$

б) индекс согласования:

$$ИС = \frac{5,1276 - 5}{5 - 1} = 0,0319$$

в) отношение согласованности:

Показатель случайной согласованности для 5 показателей равен 1,12. Тогда отношение согласованности равно:

$$ОС = \frac{0,0319}{1,12} = 0,0285$$

Поскольку отношение согласованности составляет 2,85%, то оценки блоков в матрице можно считать согласованными, и полученный вектор приоритетов можно использовать в качестве весовых коэффициентов значимости каждого блока при проведении процедуры отбора. Результаты расчета приоритетов блоков показателей приведены в таблице 5.16.

Таблица 5.16 - Вектора приоритетов блоков для разработчика

Блок	НВП для разработчика
Технологический потенциал	0,104
Экологичность	0,045
Социальная среда	0,104
Инновационный потенциал	0,246
Управленческая зрелость	0,501

Аналогичная процедура сравнения проводится для каждой группы показателей внутри блоков для потенциального актора. Окончательная процедура расчета приоритетов показателей осуществляется путем умножения приоритетов показателей на приоритеты соответствующих блоков. Итоговые вектора приоритетов показателей для разработчика приведены в таблице 5.17.

На основе экспертных оценок по единой шкале участникам выставляются баллы по каждому из перечисленных показателей. Итоговая оценка участника рассчитывается на основе использования аддитивной свертки. В соответствии с МАИ чем выше интегральная оценка актора, тем в большей степени он пригоден для предполагаемой роли [12].

Таблица 5.17 - Итоговые вектора приоритетов показателей для претендентов на роль актора - разработчик.

Блок	Показатели	НВП разработчика	Приоритет частного показателя (a_j)			Общий критерий для альтернативы, $K(x)$		
			P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3
Б1	K1.1	0,006125	3	4	4	0,018375	0,0245	0,0245
	K1.2	0,034446	5	4	3	0,17223	0,137784	0,103338
	K1.3	0,014525	4	5	5	0,058101	0,072627	0,072627
	K1.4	0,034446	5	4	4	0,17223	1,440237	0,137784
	K1.5	0,006125	3	3	2	0,018375	0,018375	0,01225
Итоговая оценка по блоку 1						0,439311	0,391069	0,350498
Б2	K2.1	0,002988	3	4	4	0,008963	0,011951	0,011951
	K2.2	0,001305	2	3	3	0,002609	0,003914	0,003914
	K2.3	0,002988	3	5	4	0,008963	0,014939	0,011951
	K2.4	0,007085	4	3	4	0,028341	0,021256	0,028341
	K2.5	0,014427	5	3	4	0,072134	0,04328	0,057707
Итоговая оценка по блоку 2						0,12101	0,095339	0,113864
Б3	K3.1	0,106346	5	5	4	0,531732	0,531732	0,425385
	K3.2	0,106346	5	3	4	0,531732	0,319039	0,425385

	K3.3	0,035449	4	3	3	0,141795	0,106346	0,106346
	K3.4	0,035449	4	3	4	0,141795	0,106346	0,141795
	K3.5	0,106346	5	5	3	0,531732	0,531732	0,319039
<i>Итоговая оценка по блоку 3</i>						1,878786	1,595195	1,417952
Б4	K4.1	0,106346	5	4	5	0,531732	0,425385	0,531732
	K4.2	0,035449	4	4	3	0,141795	0,141795	0,106346
	K4.3	0,106346	5	5	5	0,531732	0,531732	0,531732
	K4.4	0,035449	4	5	4	0,141795	0,177244	0,141795
	K4.5	0,106346	5	4	4	0,531732	0,425385	0,425385
<i>Итоговая оценка по блоку 4</i>						1,878786	1,701542	1,736991
Б5	K5.1	0,042231	5	4	4	0,211157	0,168926	0,168926
	K5.2	0,015833	4	3	4	0,063333	0,0475	0,063333
	K5.3	0,015833	4	4	3	0,063333	0,063333	0,0475
	K5.4	0,015833	4	3	4	0,063333	0,0475	0,063333
	K5.5	0,005936	3	3	3	0,017808	0,017808	0,017808
<i>Итоговая оценка по блоку 5</i>						0,418965	0,345067	0,3609
Интегральная оценка:						4,736857	4,128213	3,980204

С точки зрения удовлетворения целей экосистемы наиболее весомыми критериями являются управленческая зрелость и инновационный потенциал. У разработчика 1 значения этих критериев равны 0,419 и 1,879, у 2-го разработчика – 0,345 и 1,702, у 3-го разработчика - 1,737 и 0,361. Соответственно на втором месте по экосистемной привлекательности находится разработчик 2 с итоговой интегральной оценкой 4,128. Хотя по итоговым значениям показателей в двух ключевых блоках, баллы у 3-го разработчика выше [12].

С точки зрения устойчивого развития у разработчика 1 лучший результат - итоговое значение по трем блокам (ESG) составило 2,419, у второго 2,036 и у третьего 1,893. Если проанализировать результаты оценки потенциалов (Т, I), то на первом месте разработчик 1 со значением 2,318, на втором месте 2-й разработчик 2,093 и на третьем месте 3-й разработчик со значением потенциалов 2,087.

По всем пяти блокам показателей наиболее весомым (привлекательным) для экосистемы «Технологии для повышения качества жизни» является разработчик 1 - Лаборатория разделения и концентрирования в химической диагностике функциональных материалов и объектов окружающей среды НИУ «МИСИС». Его интегральная оценка, показывающая насколько подходит анализируемый участник для предполагаемой роли в проекте, составила 4,7368, что выше на 0,64 балла по сравнению с ближайшим конкурентом – разработчиком 2.

Накапливая положительные баллы путем перекрестного оценивания, актор становится привлекательным с позиции сотрудничества в совместных проектах для других участников. «С помощью инструмента перекрестного оценивания актор может непосредственно влиять на других акторов через собственное оценивание, в дальнейшем принимая обоснованное самостоятельное решение о сотрудничестве в каждом отдельном проекте. Для обеспечения функционирования самонастройки экосистемы оценка должна проводиться постоянно, как на входе актора в экосистему, так и после реализации каждого проекта» [12]. Цель данного подхода - создание экосистемной платформы, позволяющей акторам эффективно взаимодействовать внутри экосистемы, гибко реагировать на вызовы, опережать негативные явления и корректировать свои стратегии. Это позволит, в конечном счете, обеспечить устойчивое развитие каждого актора и экосистемы в целом.

5.3 Определение интеграционного потенциала промышленных экосистем “Kalundborg Symbiosis” и “Baltic Industrial Symbiosis”

“Kalundborg Symbiosis” - первая в мире промышленная экосистема, работающая на основе симбиотической модели и реализующая принцип циркулярности, заключающийся в том, что отходы одного актора становятся ресурсами для других. Внедрение промышленного симбиоза как модели устойчивого развития и инструмента циркулярной экономики позволило

промышленной экосистеме Kalundborg снизить ежегодный объем выбросов CO₂ на 635 т, расхода воды на 3,6 м³ и энергии на 100 GWh, что в стоимостном выражении составило 24 млн евро. Симбиоз Каллунборга, в отличие от большинства симбиозов, возник в результате взаимодействия между акторами вокруг ключевых ресурсов – воды, энергии, материалов. Акторами в экосистеме Kalundborg являются 12 государственных и частных компаний, объединенных сетью материальных и энергетических потоков (рисунок 5.1).

Одна из стратегических целей Kalundborg – полное использование потоков ресурсов в рамках производственного контура. Для этого к 2025 году планируется реализовать 10 проектов, направленных на оптимизацию и замыкание ресурсных цепей. Основные проекты связаны с переходом к «зеленой» энергетике.

Проект 1 (П1): получение энергии из биомассы (щепы) на смену угольной энергетике.

Проект 2 (П2): Извлечение биогаза из побочной продукции и сточных вод (П2).

Проект 3 (П3): Отказ от принципа электроснабжения по принципу маржинальности. При таком подходе для получения дополнительных мощностей используется наиболее дешевый источник энергии при текущих нагрузках.

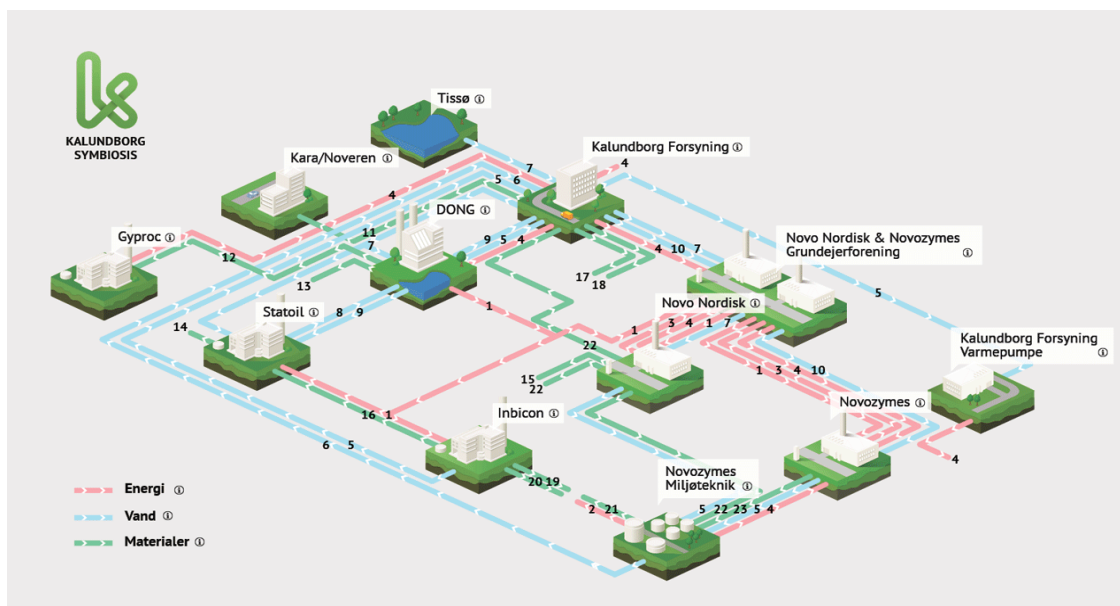


Рисунок 5.1 - Взаимодействие акторов в промышленной системе Каллунборг

Источник: <http://www.symbiosis.dk/en/>

Реализацией проектов по переходу к зеленой энергетике на данном этапе занимаются три актора экосистемы: электростанция Asnæs (A1), Kalundborg Bioenergi (A2), Orsted (A3).

Для оценки циркулярного потенциала промышленной экосистемы «Kalundborg Symbiosis» через потенциалы акторов, реализующих совместные проекты, авторы предлагают использовать группу показателей, связанных с ресурсоэффективностью и снижением экологической нагрузки на окружающую среду. Исходя из возможных моделей реализации принципа циркулярности, предложенных OECD, для оценки циркулярного потенциала экосистемы целесообразно использовать следующие показатели: снижение расхода ресурсов, энергии, уменьшение выбросов CO₂ в атмосферу.

Исходные данные для расчета циркулярного потенциала экосистемы Kalundborg представлены в таблице 5.18. Для перевода количественных значений показателей в баллы по безразмерной десятибалльной шкале, единой для всех параметров модели оценки, применена функция желательности Харрингтона. Шкала желательности устанавливает соответствие между числовой и эмпирической системой предпочтений.

Таблица 5.18 - Исходные данные для расчета циркулярного потенциала экосистемы за 2021 г.

Показатели	Актор 1	Актор 2	Актор3
1.Снижение выбросов CO ₂ , тонн	685 543	18773	5150
2.Снижение расхода энергии, (МВтч)	6506	82888	0
3. Экономия ресурсов, тонн	- 79880	0	0

В соответствии с методикой Харрингтона в качестве нижнего предела допустимости значения показателя снижение выбросов CO₂ принято за 0 (одностороннее ограничение). Тогда по шкале желательности данному пределу соответствует $d=0,37$. А значение этого показателя, равное 1 млн. тонн — это «очень хорошо», то есть по шкале желательности оно соответствует 0,8 ($d=0,8$). Далее были рассчитаны кодированные значения этих контрольных точек (y_{ij}) и кодированное значение искомого параметра.

$$y'(1) = -\ln \ln(1/0,37) = 0,00576$$

$$y'(10) = -\ln \ln(1/0,8) = 1,4999$$

Уравнение $y' = a * y + b$ выступает в качестве механизма перевода y в y' . Значение a и b можно найти через систему уравнений.

$$0,00576 = a * 1 + b$$

$$1,4999 = a * 10 + b$$

Таким образом, $a=0,16576$ и $b=-0,16025$

Определим кодированное значение параметра снижение выбросов CO₂. При $y=0$ $y_{ij}=0,37$, а уровень желательности составит $d=0,69$. Аналогичным образом выполнена оценка показателей для остальных акторов. Результаты расчетов приведены в таблице 5.19. Результирующий показатель оценки циркулярного потенциала экосистемы (F_3) рекомендуется определять как среднегеометрическую трех составляющих: снижение выбросов CO₂ и расхода энергии, экономия ресурсов.

Таблица 5.19 - Вариант интерпретации стандартных отметок на шкале Харрингтона для оценки циркулярного потенциала акторов экосистемы.

Акторы	Снижение выбросов CO ₂ , тонн		Снижение расхода энергии, (МВтч)		Экономия ресурсов, тонн		Потенциал акторов
	y_{ij}	d_1	y_{ij}	d_2	y_{ij}	d_3	
A1	0,37	0,69	-0,71	0,49	-0,92	0,40	0,51
A2	-0,96	0,38	0,20	0,82	0,00	1,00	0,68
A3	-0,99	0,37	-0,79	0,45	0,00	1,00	0,55

Циркуляционный потенциал экосистемы в целом составил $F_{ц}=0,575$

Результаты диагностики по трем составляющим, а также общая оценка, определяются в баллах по шкале, граничные отметки которой составляют 0 и 1. Чем ближе к единице оценка потенциала актора, тем лучше этот участник для экосистемы с позиции всех составляющих элементов потенциала. Значение показателей потенциала актора в интервале от 0 до 1 соответствуют уровню на шкале Харрингтона «очень плохо» (0,2 - 0); от 1 до 2 – «плохо» (0,37 - 0,20); от 2 до 3 – «удовлетворительно» (0,63 - 0,37); от 3 до 4 – «хорошо» (0,80 - 0,63); от 4 до 5 – «очень хорошо» (1,00 - 0,80).

По шкале Харрингтона потенциалы акторов Asnæs (0,51) и Orsted (0,55) относятся к категории «удовлетворительно», а потенциал актора Kalundborg Bioenergi (0,68) к категории «хорошо».

Потенциал промышленной экосистемы «Kalundborg Symbiosis» в области циркулярности реализуется достаточно продуктивно, но не в полном объеме. У каждого актора есть свои неиспользуемые резервы и особенности. Например, актор Asnæs является одним из ключевых участников экосистемы вокруг ресурсов которого (энергии, пара и побочных продуктов) формировались отношения обмена. В соответствии с политикой ЕС по снижению выбросов парников газов и субсидированием экологических проектов, потенциал данного актора необходимо оценивать, прежде всего, со стратегических позиций. С управленческой точки зрения акторам целесообразно продолжить работу по совместным циркулярным проектам,

совершенствуя совместные бизнес-процессы, внедряя новые технологии и усиливая тем самым симбиотические связи внутри экосистемы.

Промышленная экосистема «Kalundborg Symbiosis» в 2014 году выступила инициатором глобального проекта по созданию промышленной экосистемы «Балтийский промышленный симбиоз» (Baltic Industrial Symbiosis – BIS) в рамках программы Interreg Baltic Sea Region 2014–2020, который объединил страны Европейского союза и Россию с целью развития инновационного, транспортного и экологического потенциалов Балтийского региона. Позже «Kalundborg Symbiosis» разработала концепцию и платформу для BIS.

Пейсмейкер экосистемы - Tyreman Group реализует активности проекта Baltic Industrial Symbiosis в России и формирует экосистему производственных компаний, заинтересованных в симбиозе через Центр симбиоза в Санкт-Петербурге. Основными российскими акторами BIS стали ГГУП СФ «Минерал», Санкт-Петербургский кластер чистых технологий для городской среды, «Северная креветка». Эта масштабная программа реализуется в два этапа 2014–2020 гг. и 2021–2027 гг.

Цели второго этапа реализации программы:

- ✓ Создание потенциала для развития промышленных предприятий.
- ✓ Наращивание потенциала среди практиков промышленного симбиоза по использованию преимуществ экосистемного сотрудничества.
- ✓ Формирование новых бизнес-возможностей в период реализации программы.
- ✓ Ускорение развития бизнеса на базе циркулярного и экосистемного подходов.

Для оценки коллаборативного потенциала второго этапа реализации программы BIS автор применил модель оценки, основанной на методике Харрингтона. В качестве исходных данных используются количественные показатели, перечисленные в таблице 5.20. Для перевода количественного

значения результатов интеграционной деятельности в баллы по безразмерной десятибалльной шкале, единой для всех параметров модели оценки, применена функция желательности Харрингтона.

Таблица 5.20 - Исходные данные для расчета коллаборативного потенциала BIS

Показатели	Западная Европа	Восточная Европа	Северная Европа	Россия
Стоимость совместных проектов, в млн евро	263,8	8,8	6,0	4,4
Размер софинансирования, до %	75	85	50	70
Количество совместных проектов	10	7	5	3

Результаты оценки коллаборативного потенциала экосистемы представлены в таблице 5.21.

Таблица 5.21 - Вариант интерпретации стандартных отметок на шкале Харрингтона для оценки коллаборативного потенциала экосистемы.

Актеры	Количество совместных проектов		Стоимость совместных проектов		Размер софинансирования		Обобщенная функция желательности Харрингтона
	y_{ij}	d_1	y_{ij}	d_2	y_{ij}	d_3	
Западная Европа (ЗЕ)	1,497	0,80	4,36	0,98	-0,04	0,41	0,69
Восточная Европа	1,000	0,69	1,30	0,76	-0,02	0,45	0,63
Северная Европа	0,669	0,60	0,83	0,65	-0,08	0,34	0,51
	0,337	0,48	0,01	0,56	-0,03	0,38	0,47

Результаты диагностики по трем составляющим, а также общая оценка, определяются в баллах по шкале, граничные отметки которой составляют 0 и 1. Чем ближе к единице оценка потенциала актора, тем лучше этот участник для экосистемы с позиции всех составляющих элементов потенциала.

По шкале Харрингтона коллаборативные потенциалы акторов Западная Европа (0,69) и Восточная Европа (0,63) относятся к категории «хорошо». Значения коллаборативных потенциалов Северной Европы (0,51) и России (0,47) соответствует категории «удовлетворительно».

Коллаборативный потенциал экосистемы в целом составил $F_{и}=0,61$. Необходимо наращивать коллаборативный потенциал акторов за счет увеличения количества международных кросс-отраслевых проектов, привлечения новых участников экосистемы, роста объема софинансирования реализуемых программ, усиления международных связей между акторами экосистемы. В конечном счете это приведет к росту экосистемного потенциала.

5.4 Формирование портфеля проектов промышленных экосистем на основе оценки потенциалов с учетом ЖЦ проектов

Представленная в разделе 4.2 методика прошла апробацию на примере проектов, реализуемых научными центрами и лабораториями НИТУ МИСИС.

1. Экосистема «Промышленный дизайн и технологии реиндустриализации экономики» с интегратором НИТУ МИСИС.

Проектная область экосистемы. Технологии цифрового производства для промышленного машино- и судостроении (Объединённая судостроительная компанией и Объединенная двигателестроительная компания):

- Гибридные аддитивно-субтрактивные системы;
- Формирование изделий сложной формы из метаматериалов (изделий с контролируемой по объему структурной неоднородностью) с применением цифровых производственных технологий;
- Гибкие производственные системы следующего поколения.

Фактическими и потенциальными акторами данной экосистемы являются: компания ООО «НЬЮ ДАЙМОНД ТЕХНОЛОДЖИ»; компания АПРОСА; фонд инфраструктурных и образовательных программ ОАО «Роснано» для ОАО «Новые алмазные технологии»); производственные лаборатории при учебных заведениях; ОАО «КристАл»; АО «Алмазинструмент»; ОА «ВНИИАлмаз»; ЗАО «Терекалмаз»; ООО «Завод

технической керамики»; ФГБНУ ТИСНУМ; ОАО «ВНИИИ инструмент»; Ustav geoniky AV CR (Чехия); ПАО «Компания «Сухой» (Сухой SuperJet-100); ОАО «РКК «Энергия» (пилотируемый транспортный корабль); ОАО «НПП «Звезда» (Камов-62, Камов-226Т); ПАО «КАМАЗ»; Ростсельмаш; группа ООО «Союз-Агро»; ОАО «ВНИИНМ им. Академика А.А. Бочвара»; ОАО «ЦНИИТМАШ».

Проекты, реализуемые данной экосистемы, можно отнести к следующим стадиям жизненного цикла:

1. Проект «Создание мультилазерного автоматизированного комплекса для послойного синтеза полиметаллических изделий с ячеистыми элементами» находится на стадии «Взрослая жизнь», так как он реализован для конкретных заказчиков, но не тиражирован на другие слои потребителей.
2. Проект «Создание инжинирингового центра прототипирования высокой сложности» относится к стадии «Взрослая жизнь». Центр создан, но отнести данный проект к полностью завершенным еще нельзя.
3. Разработка технологий цифрового производства для промышленного машино- и судостроения. Проект находится на стадии «Новая жизнь».

Экосистема «Промышленный дизайн и технологии реиндустриализации экономики», находится на стадии Operation and Maintenance, процессами самоорганизации осуществляя поиск оптимальной конфигурации системы для адаптации к внешним и внутренним вызовам.

II. Экосистема в сфере «Материалы и технологии для повышения продолжительности и качества жизни» с интегратором НИТУ МИСИС.

Проектная область экосистемы. Разработка и создание медицинских имплантатов, в т. ч. с биоактивными покрытиями для реконструктивной хирургии и регенеративной терапии. НИУ «МИСиС» создает новые виды биорезорбируемых материалов и биоактивных покрытий с антибактериальным эффектом. Работы по созданию сплавов с эффектом памяти формы и сверхупругости (СПФ) позволяют достигать функциональных возможностей устройств медицинского и другого

назначения, недостижимых при использовании традиционных материалов и технологий, что позволяет реализовать принципиально новые технологии хирургических вмешательств.

- Компьютерное моделирование, виртуальные разработки и функциональное

Тестирование особенностей поведения (биосовместимость и механические свойства) биосовместимых металлических наноматериалов.

- Создание имплантируемых трехмерных биокострукций из титановых сплавов с развитым рельефом поверхности и биоактивным наноструктурным покрытием с антибактериальным эффектом

Фактическими и потенциальными акторами данной экосистемы являются: лаборатория «Биомедицинские наноматериалы»; научно-исследовательская лаборатория «Неорганические наноматериалы»; УНЦ «Международная школа микроскопии»; Лаборатория «Физические методы, акустооптическая и лазерная аппаратура для задач диагностики и терапии онкологических заболеваний»; НОЦ «Наноматериалы и нанотехнологии»; Научно-учебный центр самораспространяющегося высокотемпературного синтеза; Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова – потребитель контрастных агентов; НТЦ «Биоклиникум» - тестирующий средств адресной доставки лекарственных препаратов; Нанохимическая лаборатория NCL; Группа компаний «Биотэк»; ПАО «Верофарм»; Ярославский фармацевтический кластер; Биофармацевтический кластер «СЕВЕРНЫЙ».

Проекты, реализуемые данной экосистемы, можно отнести к следующим стадиям жизненного цикла:

1. Проект «Разработка многокомпонентных биоактивных наноструктурированных покрытий, в том числе с антибактериальным эффектом» можно отнести к стадии «Взрослая жизнь». Разработки завершены, получен патент, результаты внедряются на промышленных предприятиях.

2. Проект «Создание многокомпонентных наноструктурных сплавов с памятью формы (СПФ)», в наибольшей степени сочетающих биомеханическую и биохимическую совместимость относятся к стадии «Передача опыта знаний». Сплавы разработаны, запатентованы за рубежом, коммерциализируются медицинские устройства, действующие на основе эффектов памяти формы и сверхупругости.

3. Проект «Получение композиционных высокопористых и биорезорбируемых материалов для реконструктивной хирургии» находится на стадии «рождение». Проведен полный комплекс структурных, механических и трибологических испытаний, подтвердивших конкурентные характеристики материалов, а также медико-биологических испытаний материала и изделий из него.

Сама экосистема «Материалы и технологии для повышения продолжительности и качества жизни» находится на стадии «разработка и становление» (Build), так как это малоизученное в России, но стратегически важное направление.

Проведем оценку потенциала двух проектов промышленной экосистемы

Проект 1. Разработка технологий цифрового производства для промышленного машино- и судостроения

Проект 2. Разработка материалов и технологий для повышения продолжительности и качества жизни.

Для оценки потенциала каждого проекта используются количественные показатели (P_1 , P_3 , P_4) и качественные (P_2 , P_5). Экспертным путем было установлено, что проект 1 находится на стадии ЖЦ «Новая жизнь». Качественные показатели данной стадии ЖЦ креативность (P_2) и технологический потенциал (P_5). Проект 2 находится на стадии жизненного цикла «Взросление», соответственно к качественным показателям данной стадии относятся проработанность идеи (P_2) и технологический потенциал (P_5).

Количественные показатели потенциала для двух проектов одинаковые - интеллектуальность (P_4), проработанность идеи (P_1), финансовый потенциал (P_3). Результаты расчетов количественных и качественных показателей потенциала проектов представлены в таблицах 5.22–5.27.

Таблица 5.22 - Оценка проекта по разработке технологий цифрового производства для промышленного машино- и судостроения

Показатели	Этапы ЖЦ проекта					
	Предчувствие	Рождение	Взросление	Взрослая жизнь	Передача опыта	Новая жизнь
Результаты интеллектуальной деятельности, ед.	2	4	7	8	9	8
Темп прироста добавленной стоимости, %	4	11	12	14	18	17
Денежный поток от интеллектуальной деятельности, млн руб.	- 148	164	215	254	271	265

Для перевода количественного значения результатов интеллектуальной деятельности в баллы по безразмерной десятибалльной шкале, единой для всех параметров модели оценки, применена функция желательности Харрингтона. Далее оценка производилась по алгоритму, описанному в разделе 4.2. Для этого были заданы две контрольные точки на каждой стадии ЖЦ проекта 1. В качестве нижнего предела допустимости значения количество результатов интеллектуальной деятельности принято за 1 (одностороннее ограничение). Тогда по шкале желательности данному пределу соответствует $d=0,37$. А значение результатов интеллектуальной деятельности, равное 10 - это «очень хорошо», то есть по шкале желательности оно соответствует 0,8 ($d=0,8$). Затем были рассчитаны кодированные значения этих контрольных точек (y_{ij}) и кодированное значение искомого параметра.

$$y'(1) = -\ln \ln(1/0,37) = 0,00576$$

$$y'(10) = -\ln \ln(1/0,8) = 1,4999$$

Уравнение $y' = a * y + b$ выступает в качестве механизма перевода y в y' .
Значение a и b можно найти через систему уравнений.

$$0,00576 = a * 1 + b$$

$$1,4999 = a * 10 + b$$

Таким образом, $a = 0,16576$ и $b = -0,16025$

Окончательное уравнение примет вид $y' = 0,16576y - 0,16025$

Определим кодированное значение параметра результата интеллектуальной деятельности на стадии ЖЦ «Предчувствие» для $y = 2$ $y_{ij} = 0,171$. В итоге получили желательность по формуле (4) $d = 0,43$. Результаты расчетов для остальных стадий ЖЦ проекта 1 приведены в табл. 21.

Аналогичным образом выполнена оценка параметра темп прироста добавленной стоимости. В качестве нижнего предела допустимости значения параметра было принято 2% (одностороннее ограничение). Тогда по шкале желательности данному пределу соответствует $d = 0,37$. А значение результатов прироста добавленной стоимости, равное 20% - это «очень хорошо», то есть по шкале желательности оно соответствует 0,8 ($d = 0,8$).

Окончательное уравнение примет вид $y' = 8,3y - 0,16024$

Для параметра денежный поток от интеллектуальной деятельности было задано минимальное значение 0, а максимальное 300 млн руб.

Окончательное уравнение примет вид: $y' = 0,005y + 0,00576$

Таблица 5.23 - Вариант интерпретации стандартных отметок на шкале Харрингтона для проекта 1 в соответствии со стадией ЖЦ

Этапы жизненного цикла проекта	Результаты интеллектуально й деятельности		Темп прироста добавленной стоимости		Денежный поток от интеллектуальной деятельности		Обобщенная функция желательности Харрингтона (D)
	y_{ij}	d_1	y_{ij}	d_2	y_{ij}	d_3	
Новая жизнь	1,486	0,797	1,251	0,751	1,331	0,768	0,77

Используя предложенную методику, на данном этапе проведем оценку проекта 2 - Разработка материалов и технологий для повышения продолжительности и качества жизни.

Таблица 5.24 - Оценка проекта по разработке материалов и технологий для повышения продолжительности и качества жизни

Показатели	Этапы ЖЦ проекта					
	Предчувствие	Рождение	Взросление	Взрослая жизнь	Передача опыта	Новая жизнь
Результаты интеллектуальной деятельности, ед.	15	27	39	41	43	45
Темп прироста добавленной стоимости, %	6	12	14	15	17	19
Денежный поток от интеллектуальной деятельности, млн руб.	279	349	372	393	416	442

Таблица 5.25 - Вариант интерпретации стандартных отметок на шкале Харрингтона для проекта 2 в соответствии со стадией ЖЦ

Этапы жизненного цикла проекта	Результаты интеллектуальной деятельности		Темп прироста добавленной стоимости		Денежный поток от интеллектуальной деятельности		Обобщенная функция желательности Харрингтона (D)
	y_{ij}	d_1	y_{ij}	d_2	y_{ij}	d_3	
Взросление	1,135	0,725	0,864	0,656	1,378	0,78	0,718

Таблица 5.26 - Определение потенциала проекта 1 на стадии ЖЦ

Потенциал проекта 1 на стадии ЖЦ «Новая жизнь»	Тип показателей	y_{ij}	d_1	Значение параметров потенциала проекта
P_1	количественный	1,251	0,751	0,94
P_2	качественный	1,120	0,527	0,59
P_3	количественный	1,486	0,797	1,18
P_4	количественный	1,331	0,768	1,02
P_5	качественный	1,223	0,662	0,81

Таблица 5.27 - Определение потенциала проекта 2 на стадии ЖЦ

Потенциал проекта 2 на стадии ЖЦ «Взросление»	Тип показателей	u_{ij}	d_1	Значение параметров потенциала проекта
P_1	количественный	0,864	0,656	0,57
P_2	качественный	0,745	0,617	0,46
P_3	количественный	1,135	0,725	0,82
P_4	количественный	1,378	0,78	1,08
P_5	качественный	0,948	0,749	0,71

По проекту 1 итоговый потенциал составил $P_{п1} = 0,91$; по второму проекту $P_{п2} = 0,73$. Оценка потенциала двух проектов проведена на основе анализа результатов потенциалов качественных и количественных показателей. В результате по проекту 1 – «Разработка технологий цифрового производства для промышленного машино- и судостроения», находящегося на стадии «Новая жизнь», итоговый потенциал составил $P_{п1} = 0,91$. По шкале Харрингтона проект относится к категории «очень хорошо», следовательно со стороны актора не требуются корректирующие действия по отношению к данному проекту.

Для проекта 2 – «Разработка материалов и технологий для повышения продолжительности и качества жизни», находящегося на стадии «Взросление» итоговый потенциал составил $P_{п2} = 0,73$. По шкале Харрингтона проект относится к категории «хорошо». Актору рекомендуется контролировать ход реализации проекта для своевременного принятия корректирующих действий.

5.5 Определение ресурсной эффективности промышленной экосистемы

Методические подходы к оценке ресурсной эффективности промышленных экосистем, изложенные в п. 4.4, апробированы на примере промышленной экосистемы «Зеленый цемент», состоящей из сети промышленных симбиозов.

Цементная отрасль определяет экономический потенциал и уровень промышленного развития страны. Строительный комплекс России, основу которого составляет цементная промышленность, дает возможности расширения объемов производства, ассортимента выпускаемой продукции. Цемент и изготавливаемые из него бетон и железобетон являются в настоящее время основными строительными материалами, которые используются в самых разнообразных областях строительства. При этом цемент остается относительно простым, универсальным и дешевым веществом, для изготовления которого требуются широко распространенные материалы — известняк, мергель, глины, мел, гипс.

Производство цемента, если рассматривать его как единый процесс от получения сырья до готовой продукции, состоит из двух фаз: получение клинкера и доведение клинкера до порошкообразного состояния с добавлением гипса или других добавок. Кроме того, в качестве активных минеральных добавок используют также отходы черной и цветной металлургии, золошлаковые отходы теплоэлектростанций, сульфатсодержащие горелые пески и формовочные смеси. Наиболее энергоемкая операция при производстве клинкера — обжиг сырьевой смеси, который проводится при температуре 1400–1500 °С во вращающихся печах. Вторая и заключительная фаза производства цемента — это помол клинкера с добавкой гипса.

Сухой способ производства цемента заключается в том, что сырьевые материалы перед помолом или в его процессе высушиваются и сырьевая шихта выходит в виде тонкоизмельченного сухого порошка. Основным преимуществом в данной технологии является более низкий расход энергии

на производство клинкера (2,65–4,65 ГДж/т клинкера) по сравнению с другими технологиями и особенно с технологией мокрого способа.

Многие отходы (белитовый, доменный шлак, зола) близки по своему химическому составу к используемым в цементной промышленности природным компонентам, поэтому одним из рациональных вариантов экономии топлива при обжиге клинкера является использование техногенных материалов в качестве сырьевых компонентов (рис. 5.2.)

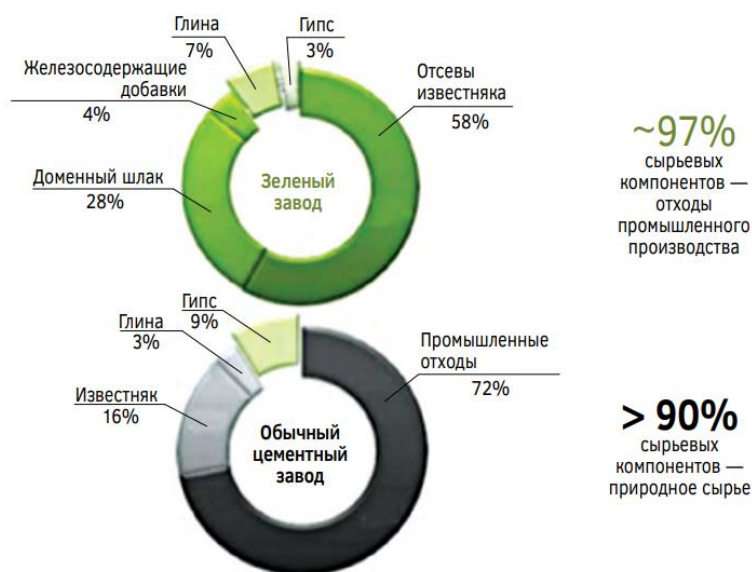


Рисунок 5.2 - Возможности использования отходов промышленного производства в качестве сырьевых компонентов при производстве цементного клинкера

Источник: Энциклопедия технологий, [131].

Фактически производство цемента дает возможность использовать в качестве вторичных ресурсов отходы других отраслей промышленности, тем самым значительно удешевляя производство и сокращая воздействие производственной деятельности на окружающую среду.

В качестве интегратора (пейсмейкера) промышленной экосистемы «Зеленый цемент» выступает технология по переработке шлака «Бисквит» (рис. 5.3) и цифровые сервисы (платформа «AKKERMANN Бетон») компании Akkermann, специально адаптированные для России совместно с

компанией Concrete Quality, SLU. Основная цель платформы – способствовать утилизации отходов и побочных продуктов, используя модели экономики замкнутого цикла. Эта цифровая площадка предназначена для сотрудничества поставщиков и пользователей переработанных материалов.

Бизнес-проект «Бисквит» состоит из четырех инвестиционных проектов – «ШПУ-NEW» и «Линия брикетирования», «ШПУ-NOVA» и «ШПУ-NEO». Проектная мощность по переработке шлака составляет 300 тонн в час.

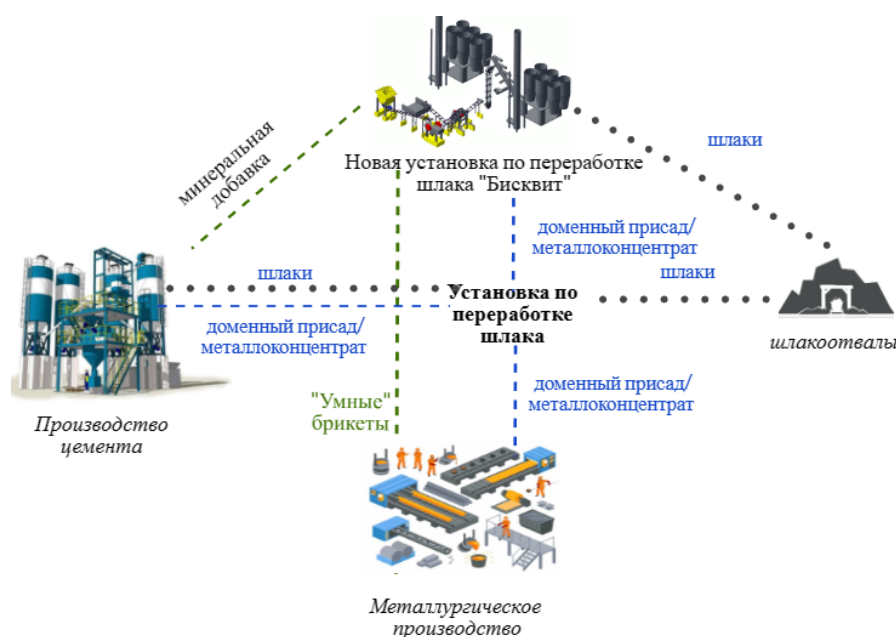


Рисунок 5.3 – Технология переработки шлака в промышленной экосистеме «Зеленый цемент»

Источник: Зеленые кейсы, [30].

Основными промышленными акторами экосистемы «Зеленый цемент», которые взаимодействуют на основе симбиотических связей, являются: АО «Уральская сталь», ООО «Аккерманн цемент», «Akkermann metal», «Akkermann lime», Лаборатория бетонов #PRO_BETON.

В качестве сырья для производства цемента «Аккерманн цемент» использует флюсовый известняк Аккермановского месторождения, отходы

горного производства, глину (рыхлую вскрышу добычи известняка), шлаки металлургического производства (как поступающие от АО «Уральская сталь», так и накопленные в отвалах). Содержание шлаков в составе сырьевой муки, идущей на обжиг для получения портландцементного клинкера, составляет примерно 30%. Актор «Аккерманн цемент» перерабатывает суммарно 6 млн тонн шлаков — все шлаки, поступающие от АО «Уральская сталь», и 5 млн тонн шлаков, накопленных в прошлые годы. В цементном производстве используется до 1 млн тонн переработанного шлака; 0,4 млн тонн металлоконцентрата возвращается 4,6 млн тонн шлакового щебня направляется на открытый склад, откуда отгружается потребителям.

В промышленной экосистеме потребление известняка и выбросы CO₂-экв, сокращены практически в 2 раза по сравнению с типовым производством, а энергоемкость почти в 1,5 раза ниже, чем на отдельных промышленных предприятиях, не использующих вторичные ресурсы в качестве добавок к сырью (таблица 5.28).

Таблица 5.28 – Показатели ресурсной эффективности до и после вхождения предприятий в состав промышленной экосистемы

Показатели	Промышленные предприятия	Промышленная экосистема	Экономия, млн руб.
Расход тепловой энергии, млн ГДж	8,97	5,7	962,97
Использование шлака, млн т	0	1	-
Расход первичных ресурсов (известняк, глина, гипс), млн т	3,78	2,2	682,56
Производство цемента, млн т	2,36	2,36	-
Выбросы CO ₂ -экв	1,6	0,75	850
Итого:			2495,53
Прирост прибыли, млн руб.	2654,82		

$REE = 0,94 < 1,0$ значит наблюдается ресурсно-экономический эффект.

Таким образом, актуальным является вопрос интеграции промышленных предприятий в промышленные симбиозы и экосистемы для повышения ресурсной эффективности за счет комплексного использования отходов основного производства и первичных ресурсов. Решение данной

задачи требует создание производств не на основе традиционной линейной модели, а через формирование циклических моделей, когда отходы одного производства являются сырьем другого и происходит обмен знаниями и технологиями, что повышает экономическую целесообразность создания замкнутых цепочек производства через повышение ресурсного потенциала и снижения нагрузки на окружающую среду.

Выводы к главе 5

Разработан и апробирован инструментарий интеграционного взаимодействия основных акторов, позволяющий определить эффективность промышленной коллаборации, направленной на повышение ресурсной, технологической и экологической эффективности экономики.

Проведена оценка устойчивости 10 территорий РФ на основе экосистемного и энтропийного подходов; оценка циркулярного и коллаборативного потенциала промышленных экосистем “Kalundborg Symbiosis” и “Baltic Industrial Symbiosis”; определены претенденты на роль акторов промышленной экосистемы «Технологии для повышения качества жизни» на основе метода иерархий с учетом стадий ЖЦ проектов и экосистемы; оценка интеграционного потенциала промышленных экосистем с пейсмерком - НИТУ МИСИС и сформирован портфель экосистемных проектов.

Заключение

1. Проведен контент-анализ дефиниций, отражающих содержание интеграционного сетевого взаимодействия промышленных акторов. Систематизированы научные подходы к категории «экосистема» и ее основным элементам. Проведен бенчмарк моделей объединения промышленных акторов: экосистема, симбиоз, кластер, технопарк и др. Определены подходы к архитектуре экосистем: экосистема как коллаборативный механизм; экосистема как горизонтальная модель объединения акторов; экосистема как сочетание различных форм объединения акторов (гибридный подход); экосистемы транзакций

(платформенный подход). Приведено описание возможных ролей акторов в экосистеме и механизма самоорганизации.

2. Проанализированы стратегические вызовы и тренды в развитии промышленности РФ на глобальном, региональном и отраслевом уровнях. Определены стратегические приоритеты развития промышленных экосистем - интеграция, цифровизация и экологизация, которые зависят от типа и уровня этих систем.

3. Предложена модель жизненного цикла экосистемы, особенностью которой является многовариантность стадий жизненного цикла в зависимости от различных условий реализации каждого конкретного проекта.

4. Представлена концепция формирования и развития многоуровневых (микро-, мезо- и макроуровни) экосистем, отличающаяся классификацией уровней экосистем в зависимости от формы создания добавленной стоимости (глобальные, территориальные или локальные цепочки ценности), реализация которой позволит повысить эффективность коллаборативных взаимоотношений для всех акторов. На глобальном уровне синтезирована дефиниция «экомегасити» как симбиоз экосистем, формирующий дружелюбность технологического пространства, характеризующийся свойствами самоорганизации, коэволюции и адаптивности.

5. Разработаны методические основы формирования, управления и развития промышленных экосистем на основе принципов самонастройки и самоорганизации, отличительной особенностью которых является учет технологической, инновационной, экологической и управленческой зрелости акторов промышленных экосистем. Предложен подход к оценке потенциалов промышленных экосистем, особенность которого заключается в учете динамики, синергии и многоуровневости взаимодействия акторов.

6. Предложен методический подход к оценке устойчивости промышленных экосистем, особенностью которого является предлагаемая

система показателей, формируемая из совокупности человеческого, производственного и природного капиталов.

7. Предложена организационно-экономическая модель развития промышленных экосистем в рамках стратегических приоритетов, обеспечивающая акторам через экосистемное взаимодействие условия для накопления, распределения, обмена и оценки ресурсов.

Библиографический список

Научная литература и источники на русском языке

1. Бабкин А. В. Интегрированные промышленные структуры как экономический субъект рынка: сущность, принципы, классификация // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия «Экономика». 2014. № 4. С. 7—23
2. Бобылев С. Н. Экономика устойчивого развития. – Москва: КНОРУС, 2021–672 с.
3. Бобылев С. Н. Устойчивое развитие: новое видение будущего? // Вопросы политической экономии. – № 1. – 2020. – С. 67–83.
4. Бобылев С. Н. Циркулярная экономика и ее индикаторы для России / С. Н. Бобылев, С. В. Соловьева // Мир новой экономики. – 2020. – Т. 14. – № 2. – С. 63–72.
5. Бобылев С. Н. В поисках новой экономики / С. Н. Бобылев, Б. Н. Порфирьев // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – № 4. – 2019. – С. 3–7.
6. Бобылев С. Н. Вызовы кризиса: как измерять устойчивость развития? / С. Н. Бобылев, Н. В. Зубаревич, С. В. Соловьева // Вопросы экономики. – 2015. – № 1. – С. 147–160.
7. Бобылев С. Н. Новые модели экономики и индикаторы устойчивого развития // Экономическое возрождение России. – 2019. – Т. 61. – № 3. – С. 23–29.

8. Бобылев С. Н. Подходы к классификации ресурсно-экологических ограничений / С. В. Соловьева, С. Н. Бобылев, Ю. Н. Деревянко // Механизм регулирования экономики. – 2009. – Т. 1. – № 4. – С. 13–23.
9. Бобылев С. Н. Устойчивое развитие в интересах будущих поколений: экономические приоритеты // Мир новой экономики. – 2017. – № 3. – С. 90–96.
10. Боев А. Г. К вопросу о содержании и дифференциации понятий промышленный комплекс, кластер и индустриальный парк // Организатор производства. 2020. Т.28. №2. С. 7–17 DOI:10.25987/VSTU.2020.97.45.001
11. Волгина Н. А. (2020) Изучение глобальных цепочек стоимости: роль международных организаций // Вестник международных организаций. Т. 15. № 2. С. 255–285 DOI: 10.17323/1996–7845-2020-02-12
12. Гамидуллаева Л. А., Толстых Т. О., Шмелева Н. В. Промышленные и территориальные экосистемы в контексте устойчивого развития : монография – Пенза: Изд-во ПГУ, 2022. – 160 с. ISBN 978-5-907521-69-8
13. Гладштейн Ю.Г., Сергиенко О. И., Юльметова Р. Ф., Сильвеннойнен-Хийску С. Обращение с отходами: российский и финский опыт: Учебное пособие / Коллектив авторов. – СПб.: ООО «Политехника Сервис», 2021. – 158 с.
14. Глазьев С. Ю. Управление развитием систем хозяйствования в государствах Евразии: учебник. Том I. — СПб.: Университет при МПА ЕврАзЭС, 2020. (Серия «Евро-Азиатский учебник», ISSN 2782–1501) – 368 с.
15. Глазьев, С. Ю. О создании систем стратегического планирования и управления научно-техническим развитием / С. Ю. Глазьев // Инновации. – 2020. – № 2(256). – С. 14–23. – DOI 10.26310/2071–3010.2020.256.2.002.

16. Гончарова, А. Р. Организация экологического контроля как фактор обеспечения устойчивого развития предприятия / А. Р. Гончарова, Н. П. Иватанова, И. А. Стоянова // . – 2021. – № 1. – С. 76–79.
17. Гончарова, А. Р. Экологические инвестиции: роль и значение в устойчивом развитии крупных инфраструктурных объектов / А. Р. Гончарова, И. А. Стоянова // Финансовые рынки и банки. – 2021. – № 1. – С. 30–32
18. Гусева Т. В. Модернизация производства цемента на основе наилучших доступных технологий [/ Е. Н. Потапова, Т. В. Гусева, И. О. Тихонова // Современные инженерные проблемы ключевых отраслей промышленности. Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума и Международного Косыгинского Форума. – М., 2019. – С. 83–87.
19. Гусева Т. В. Производство цемента: аспекты повышения ресурсоэффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду./ Е. Н. Потапова, Т. В. Гусева, И. О. Тихонова, А. С. Канишев, Р. Г. Кемп // Строительные материалы. – 2020. – № 9. – С. 15–20.
20. Гусева Т. В. Экологическое нормирование предприятий: наилучшие доступные технологии, повышение энергоэффективности производства и выбросы парниковых газов. Международный опыт и российские подходы/ М. В. Бегак, Ю. А. Герлах, Т. В. Гусева, К. Майр, Я. П. Молчанова– М.: ЮрИнфор-Пресс, 2016. – 130 с.
21. Добровольный национальный обзор достижения целей устойчивого развития. – [Электронный ресурс] – URL:
<https://ac.gov.ru/projects/project/dobrovolnyj-nacionalnyj-obzor-dostizenia-celej-ustojcivogo-razvitia-10>
22. Дорошенко С. В., Шеломенцев А.Г. (2017). Предпринимательская экосистема в современных социо-экономических исследованиях // Журнал экономической теории. № 4. С. 212–221.

23. Дударева О. А. Управление устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций: диссертация доктора Экономических наук: 08.00.05. – Воронеж, 2022
24. Дятлов, С. А. Сетевые эффекты и возрастающая отдача в информационно-инновационной экономике / С. А. Дятлов // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2014. – № 2(86). – С. 7–11.
25. Евин Е. А. Теория сложных сетей как новая научная парадигма. // Компьютерные исследования и моделирование. 2010. Т. 2 № 2. С. 121–141
26. Забелина И. А. Эффект декаплинга в эколого-экономическом развитии регионов – участников трансграничного взаимодействия // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. – Т. 12. – № 1. – С. 241–255.
27. Зайцев, А. Г. Стандарты циркулярной экономики: проблемы и перспективы / А. Г. Зайцев // Проблемы и перспективы развития промышленности России : Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, Москва, 31 марта 2022 года / Под редакцией А. В. Быстрова. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2022. – С. 175–180. – EDN QNHQEM.
28. Зайцев, А. Г. Устойчивое развитие и стандартизация в цифровой экономике: Ответственное производство и Ответственное потребление / А. Г. Зайцев, П. Н. Машегов // Вектор развития управленческих подходов в цифровой экономике : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 28 января 2021 года. – Казань: Издательство "Познание", 2021. – С. 50–56. – EDN YJDVRW.
29. Зайцев В. В. Промышленная экология: учебное пособие / В. А. Зайцев. — Эл. изд.—М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.— 130 с.
30. ЗЕЛЕННЫЕ КЕЙСЫ [Ред. Д. О. Скобелев]: ФГАУ «НИИ «ЦЭПП». — М.: Деловой экспресс, 2020. 160 с., ISBN 978-5-89644-142-7

31. Индекс научно-технологического развития субъектов Российской Федерации. – [Электронный ресурс] – URL: http://vid1.rian.ru/ig/ratings/regions_R&D_19.pdf
32. Институт статистических исследований и экономики знаний ВШЭ [Электронный ресурс] – URL: <https://issek.hse.ru/news/589979747.html>
33. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура: Пер. с англ. под науч. ред. О.И. Шкаратана. — М.: ГУ ВШЭ, 2000. — 608 с.
34. Квинт В.Л. Теоретические основы и методология стратегирования Кузбасса как важнейшего индустриального региона России. Экономика промышленности / Russian Journal of Industrial Economics. 2020;13(3):290-299. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-290-299>
35. Квинт, В. Л. Стратегия развития стратегии / В. Л. Квинт // Журнал Бюджет. – 2022. – № 2(230). – С. 44–46. – EDN ENGALK.
36. Квинт В.Л. Стратегирование экономического и инвестиционного развития Кузбасса / В. Л. Квинт, М. К. Алимуратов, К. Л. Астапов [и др.]. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2021. – 364 с. – ISBN 978-5-8353-2724-9. – DOI 10.21603/978-5-8353-2724-9. – EDN VOLPIU.
37. Квинт В. Л. Концепция стратегирования. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. 170 с. <https://doi.org/10.21603/978-5-8353-2562-7>
38. Квинт В. Л., Новикова И. В., Алимуратов М. К. Согласованность глобальных и национальных интересов с региональными стратегическими приоритетами // Экономика и управление. 2021. Т. 27. № 11. С. 900–909. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2021-11-900-909>
39. Квинт В.Л., Новикова И.В., Алимуратов М.К., Сасаев Н.И. Стратегирование технологического суверенитета национальной экономики. Управленческое консультирование. 2022;(9):57-67. <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-9-57-67>

- 40.Квинт В. Л., Астапов К. Л. Стратегия Кузбасса на 50-летнюю перспективу в книгах Библиотеки «Стратегия Кузбасса» // Стратегирование: теория и практика. 2021. Т. 1. № 2. С. 123–135. <https://doi.org/10.21603/2782-2435-2021-1-2-123-135>
- 41.Квинт В. Л., Бодрунов С. Д. Стратегирование трансформации общества: знание, технологии, ноономика /Монография/ – СПб.: ИНИР им. С. Ю. Витте, 2021 – 351 с.
- 42.Келли К. Неизбежно. 12 технологических трендов, которые определяют наше будущее. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. 352 с.
- 43.Клейнер Б.Г. Экосистемы в пространстве новой экономики : монография / науч. ред.: М.А. Боровская, Г.Б. Клейнер, Н.Н. Лябах; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. – 788 с.
- 44.Клейнер Г.Б. Социально-экономические экосистемы в свете системной парадигмы. Системный анализ в экономике — 2018: сборник трудов V Международной научно-практической конференции – биеннале (21–23 ноября 2018) / под общ. ред. Г.Б. Клейнера, С. Е. Щепетовой. — М.: Прометей, 2018. — С. 5–14. DOI 10.33278/SAE-2018.rus.005-014
- 45.Комитет промышленной политики, торговли и топливно-энергетического комплекса Волгоградской области, 2021. – [Электронный ресурс] – URL<https://promtorg.volgograd.ru/current-activity/promyshlennost/>
- 46.Кононова, Е. Н., Светловская, Л. В. Модернизация промышленных комплексов как фактор повышения конкурентоспособности регионов. Сборник материалов международной научно-практической конференции - Издательство: Самарский научный центр РАН, 2016. С. 105–112.
- 47.Королев О. Л. Применение энтропии при моделировании процессов принятия решений в экономике. Монография/ О. Л. Королев, М.Ю.

- Куссий, А.В. Сигал/ Под ред. А.В. Сигала - Симферополь: Издательство «ОДЖАКЪ», 2013–148 стр.
48. Кочешнов, А. С. Стратегические приоритеты пространственного развития ресурсно-производственного потенциала и обеспечивающей инфраструктуры угольной промышленности России / А. С. Кочешнов, И. А. Стоянова // Уголь. – 2022. – № 5(1154). – С. 55-62. – DOI 10.18796/0041-5790-2022-5-55-62.
49. Кудрин Б. И. Модели ценозов в инновационном развитии [Электронный ресурс] –URL: <http://www.kudrinbi.ru/public/10727/index.htm>
50. Лещинская, А. Ф. Влияние финансовых инструментов, принципов ESG и углеродного регулирования на металлургическую отрасль / А. Ф. Лещинская, А. М. Скороход // Экономика промышленности. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 297–307. – DOI 10.17073/2072–1633-2022-3-297-307
51. Лещинская, А. Ф. Финансовые аспекты внедрения бизнес-систем, обеспечивающих реализацию технического прогресса в отраслях промышленности / А. Ф. Лещинская, А. В. Колобов, О. В. Романченко // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2020. – Т. 3, № 7. – С. 40–48. – DOI 10.34684/ek.up.p.r.2020.07.03.005.
52. Лившиц В. Н. Оценка эффективности инвестиционных проектов в различных условиях / В. Н. Лившиц, И. А. Миронова, А. Н. Швецов // Экономика промышленности. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 29–43. – DOI 10.17073/2072–1633-2019-1-29-43
53. Лозенко В.К., Использование ценологического подхода для управления // Техногенная самоорганизация и математический аппарат ценологических исследований. Вып. 28. "Ценологические исследования". – М.: Центр системных исследований, 2005.
54. Масюк, Н. Н. Инновационные кластеры: мировые тенденции и китайский опыт / Н. Н. Масюк, М. А. Бушуева, Ф. Чжэн //

- Фундаментальные исследования. – 2021. – № 11. – С. 135–139. – DOI 10.17513/fr.43135.
55. Методология исследования сетевых форм организации бизнеса: коллект. моногр. / М. А. Бек, Н. Н. Бек, Е. В. Бузулукова и др. ; под науч. ред. М. Ю. Шерешевой ; Нац. исследовательский университет «Высшая школа экономики». —М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. — 446 с.
56. Методы технологического прогнозирования. Доклад, Москва 2022 – [Электронный ресурс] –URL:
https://eec.eaeunion.org/upload/clcr/doklad_8.1.3_2.pdf
57. Мильнер, Б. З. Теория организации. - М.: Инфра-М, 2017. - 336 с
58. Миронова Д. Ю., Баранов И.В., Помазкова Е.Е., Румянцева О.Н., Управление проектной деятельностью: применение форсайта и промышленного симбиоза в управлении проектами в целях устойчивого развития– СПб: Университет ИТМО, 2022. – 95 с
59. Мясков А. В. Стратегирование преобразований угольной отрасли Кузбасса / А. В. Мясков, Г. Ф. Алексеев // Экономика промышленности. – 2020. – Т. 13, № 3. – С. 318–327. – DOI 10.17073/2072–1633-2020-3-318-327.
60. Мясков А. В. Основы экономики предотвращения экологических кризисов, зарождающихся в результате развития парникового эффекта в атмосфере Земли / А. В. Мясков, С. М. Попов // . – 2019. – № 4(56). – С. 153–160. – DOI 10.21440/2307–2091-2019-4-153-160
61. Мясков А. В. Экологическая безопасность: направления снижения негативных воздействий горнодобывающих предприятий на природные экосистемы / А. В. Мясков // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2018. – № 3. – С. 39–44.

- 62.Национальный доклад «Высокотехнологичный бизнес в регионах России». Выпуск. 2 / Под ред. С. П. Земцова. М.: РАНХиГС, АИРР, 2019.108 с.
- 63.Национальный экологический рейтинг регионов. – [Электронный ресурс] – URL: <https://www.greenpatrol.ru/ru/novosti/nacionalnyy-ekologicheskij-reyting-regionov-ekologicheskie-itogi-vesny-2021-g>
- 64.Нижегородцев Р.М. Модели логистической динамики как инструмент экономического анализа и прогнозирования //Моделирование экономической динамики: риск, оптимизация, прогнозирование / под. ред. Р. М. Нижегородцева. М.: Диалог-МГУ, 1997 С. 34–51.
- 65.Никоноров С. М. От Устойчивого Развития к устойчивым финансам / С. М. Никоноров // Устойчивое развитие (ESG): финансы, экономика, промышленность : Материалы Национальной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 21 октября 2022 года. – Санкт-Петербург: Центр научно-производственных технологий "Астерион", 2022. – С. 172–186.
- 66.Никоноров, С. М. Развитие ESG - инструментов финансирования циркулярной экономики / С. М. Никоноров // Развитие финансовых отношении в циркулярной экономике : Материалы Национальной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22 октября 2021 года. – Санкт-Петербург: Центр научно-производственных технологий "Астерион", 2021. – С. 122-126
- 67.Никоноров, С. М. Устойчивое развитие арктических компаний (промышленный симбиоз) / С. М. Никоноров, Е. Э. Уткина // Пятый международный экономический симпозиум - 2021 : Материалы VIII Международной научно-практической конференции памяти профессора В.Т. Рязанова, Санкт-Петербург, 14–17 апреля 2021 года / Редколлегия: О.Л. Маргания, С.А. Белозеров [и др.]. – Санкт-Петербург: ООО "Скифия-принт", 2021. – С. 512-515.

- 68.Новая эпоха управления. Цикл зрелости технологий. – [Электронный ресурс] – URL: <https://blog.bitobe.ru/article/krivaya-gartnera/>
- 69.Новикова И. В. Стратегическое лидерство в нестационарных условиях // Проблемы и перспективы развития промышленности России: Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции «Экономика промышленности в условиях ограничений». М., 2021. С. 272–274.
- 70.Отчет ЮНИДО «Отчет о промышленном развитии 2022. Будущее индустриализации в постпандемийном мире. Обзор». [Электронный ресурс] – URL:<https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-11/IDR%202022%20OVERVIEW%20-%20RU%20EBOOK.pdf>
- 71.Отчет ЮНИДО «Отчет о промышленном развитии 2020. Индустриализация в цифровую эпоху. Обзор». 2020. [Электронный ресурс] – URL: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO_IDR2020-Russian_overview.pdf
- 72.Пипенко Е. В. и Гринюк К. П. Промышленность и промышленный комплекс в экономической науке: проблемы теории // Вестник Волгоградского института бизнеса. Бизнес. Образование. Право, 2013, № 3(24), с. 126–130.
- 73.Повестка дня в области устойчивого развития. – [Электронный ресурс] – URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/>
- 74.Поздняков А. В. Стратегия российских реформ. Томск: Спектр, 1998. 332 с
- 75.Попова С. Н. Экономическое содержание и принципы ресурсоэффективности // Вестник науки Сибири. 2012. № 5. С. 173–177
- 76.Потапова Е. Н. и др. Производство цемента: аспекты повышения ресурсоэффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду // Строительные материалы. 2020 № 9

77. Попов Е. В., Симонова В. Л., Тихонова А. Д. Структура промышленных "экосистем" в цифровой экономике // Менеджмент в России и за рубежом. – 2019. – №. 4. – С. 3–11.
78. Портер М., Креймер М. Капитализм для всех / Harvard Business Review — Россия / Март 2011. С. 39.
79. Прангишвили И.В. (2003) Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами. РАН – М.: Наука – 438 с.
80. Преображенский Б. Г., Толстых Т. О., Шмелева Н. В. Промышленный симбиоз как инструмент циркулярной экономики // Регион: системы, экономика, управление. 2020. № 4 (51). С. 37–48
81. Пригожин И. Философия нестабильности // Вопросы философии. — 1991. — № 6. — С. 46–52.
82. Проскурнин С. Д. Создание самоорганизующейся инновационной экосистемы в зонах особого территориального развития // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. ISSN 1999–2645. — №4 (52). Номер статьи: 5206. Дата публикации: 2017-10-23
83. Раменская Л. А. (2020). Применение концепции экосистем в экономико-управленческих исследованиях // Управленец. Т. 11, №4. С. 16–28. DOI: 10.29141/2218–5003-2020-11-4-2.
84. Растворцева С. Н., Манаева И. В. Современное развитие системы городов России: статический и динамический подходы // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2023 Т. 16. № 1. С. 55–67. DOI: 10.15838/esc.2023.1.85.3
85. Рейтинг российских регионов по качеству. – [Электронный ресурс] – URL: <https://ria.ru/20200217/1564483827.html>
86. Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. – [Электронный ресурс] – URL: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/492403134.pdf>

- 87.Рейтинг субъектов Российской Федерации по социально-экономическому развитию. – [Электронный ресурс] – URL: <https://riarating.ru/infografika/20190604/630126280.html>
- 88.Росстат. Регионы России. Социально-экономические показатели 2021 // Росстат. 2021. – [Электронный ресурс] – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>
- 89.Россия и мир: 2022. Экономика и внешняя политика. Ежегодный прогноз / Рук. проекта – А. А. Дынкин, В. Г. Барановский. – М.: ИМЭМО РАН, 2021. – 136 с.
- 90.Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Перевод с английского Р. Г. Вачнадзе. – М.: «Радио и связь», 1993. – 278 с.
- 91.Сассен С. Очень сложное общество. URL: <http://2010.gpf-yaroslavl.ru/viewpoint/Saskiya-Sassen-Ochen-slozhnoe-obschestvo>
- 92.Скобелев Д. О. Возвращение вторичных ресурсов в хозяйственный оборот: экономика, технология, право // Компетентность. – 2020. – № 4. – С. 8–15.
- 93.Скобелев Д. О. «Зеленая» экономика. Совершенствование институциональной инфраструктуры / Д. О. Скобелев, Г. С. Никитин, В. С. Осьмаков // Компетентность. – 2017. – №3 (144). – С. 29–33.
- 94.Скобелев Д. О. Ресурсная эффективность экономики: аспекты стратегического планирования // Менеджмент в России и за рубежом. – 2020. – № 4. – С. 3–13.
- 95.Скобелев Д. О. Промышленная политика повышения ресурсоэффективности и достижение целей устойчивого развития // Journal of New Economy. – 2020. Т. 21, № 4. С. 153–173. DOI: 10.29141/2658–5081-2020-21-4-8
- 96.Скобелев Д. О. Политика повышения ресурсной эффективности для обеспечения устойчивого развития российской промышленности: диссертация доктора Экономических наук: 08.00.05.- Апатиты, 2022

97. Смирнова Т. Г. Оценка промышленного потенциала региона (на примере Вологодской области) // Современные научные исследования и инновации. — 2012. — № 12. — С. 5–17
98. Смородинская Н.В., Малыгин В. Е., Катуков Д. Д. Как укрепить конкурентоспособность в условиях глобальных вызовов: кластерный подход. – М.: Институт экономики РАН, 2015–49 с.
99. Смородинская Н.В. Территориальные инновационные кластеры: мировые ориентиры и российские реалии // XIV Апрельская конференция. Книга 3 / Е. Г. Ясин. М.: НИУ ВШЭ, 2014. С. 389–399.
100. Старцев Ю.Н. S-образные модели развития и технологические разрывы // Вестник Челябинского государственного университета. 2008 № 27 С. 52–57. – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.lib.csu.ru/vch/128/010.pdf>
101. Стоянова, И. А. Эколого-экономическое обоснование системы мер по сохранению и восстановлению окружающей среды в районах закрытия угольных шахт / И. А. Стоянова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № S1. – С. 174–195.
102. Стратегии и перспективы промышленного развития России и Европы в условиях санкций и низкоуглеродной экономики / П. В. Симонин, Н. М. Фоменко, О. А. Аничкина, Ю. В. Кузнецов // . – 2022. – № 12(1161). – С. 72–77. – DOI 10.18796/0041-5790-2022-12-72-77.
103. Стратегия развития НИТУ «МИСИС» – [Электронный ресурс] – URL: <https://misis.ru/university/creation-development/>
104. Стратегия социально-экономического развития Курской области до 2023 года, Министерство экономического развития Российской Федерации. 2022. – [Электронный ресурс] – URL https://www.economy.gov.ru/material/file/66d3db83b4dc2f7b479e74f34e371086/proekt_strategii_KO.pdf?ysclid=l9h3bejlm0457353220

105. Стратегия социально-экономического развития Республики Карелия до 2030 года. – [Электронный ресурс] – URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/89a071c19798e94c3478014f01520cf4/proekt_RK.pdf?ysclid=leawe7ryps694430808
106. Тамбовцев В. Л. Стратегическая теория фирмы: состояние и возможное развитие // Российский журнал менеджмента. 2010. Т. 8. №1. С. 5–40
107. Татаркин А. И. Новая индустриализация России: потребность развития и / или вызовы времени / // Экономическое возрождение России. 2015. № 2(44). С. 24.
108. Территориальный государственный орган Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области. – [Электронный ресурс] – URL: <https://tumstat.gks.ru>
109. Территориальный государственный орган Федеральной службы государственной статистики по Архангельской области. – [Электронный ресурс] – URL: <https://arhangelskstat.gks.ru/grp11>
110. Третьяков, Н. А. Формирование организационно-экономического механизма развития цифровых технологий в нефтегазовом секторе / Н. А. Третьяков, А. Е. Череповицын // Друкеровский вестник. – 2022. – № 3(47). – С. 64–82. – DOI 10.17213/2312–6469-2022-3-64-82.
111. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] – URL: rosstat.gov.ru [Электронный ресурс] – URL: <https://stat.unido.org/database>
112. Федорова Е. А., Барихина Ю. Оценка горизонтальных и вертикальных спилловер-эффектов от прямых иностранных инвестиций в России // Вопросы экономики. — 2015. — №3. — С. 5–21.
113. Фоменко, Н. М. Проблема структурной идентификации социально-экономической системы / Н. М. Фоменко // Современные

- проблемы развития социально-экономических систем: инновационные подходы и решения в управлении и маркетинге : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Ростов-на-Дону, 22–24 апреля 2021 года / Ответственный редактор А.Д. Мурзин. – Ростов-на-Дону: Индивидуальный предприниматель Беспмятнов Сергей Владимирович, 2021. – С. 223–226.
114. Характеристика субъектов регионов Мурманская область – [Электронный ресурс] – URL <https://51.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/harakteristika-subekta>.
115. Цели устойчивого развития для ЕОЭС в рамках Глобального договора ООН – [Электронный ресурс] – URL: https://eurasianeconomic.org/news_ecco/2017/10/10/document2545.phtml
116. Циркулярная экономика и устойчивое развитие: европейский опыт / А. Г. Зайцев, П. Н. Машегов, И. Р. Ляпина [и др.] // Новая экономика: институты, инструменты, тренды : Материалы международной научно-практической конференции, Орёл, 31 мая – 01 2021 года. – Орел: Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, 2021. – С. 16–20. – EDN TJRYZN.
117. Цукерман В.А., Горячевская Е.С. Оценка промышленного потенциала арктических регионов. Экономика промышленности / Russian Journal of Industrial Economics. 2018;11(2):195-200. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2018-2-195-200>
118. Чепьюк О.Р. Энтропия как мерило экономического развития // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2014. №6–1.
119. Шерешева М.Ю. Методология исследования сетевых форм организации бизнеса [Текст] :коллект. моногр. / М. А. Бек, Н. Н. Бек, Е. В. Бузулукова и др. ; под науч. ред. М. Ю. Шерешевой ; Нац. исслед.

- ун-т «Высшая школа экономики». — М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. — 446, [2] с. — 200 экз. — ISBN 978-5-7598-1074-2
120. Шишелов М. А. Оценка ресурсной эффективности использования древесины северного региона: методология и практика (на примере Республики Коми) // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2019. № 2. С. 30–37. DOI: 10.34130/2070–4992-2019-2-30-37
121. Шмелева Н. В. Экономика природопользования : Учебное пособие для студентов бакалавриата направлений подготовки «Экономика» и «Менеджмент» / Н. В. Шмелева, А. Ф. Лещинская. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "КноРус", 2021. – 216 с. – (Бакалавриат). – ISBN 978-5-406-08113-6.
122. Шмелева Н. В. Методика комплексной оценки потенциала промышленной экосистемы в контексте устойчивого развития региона// Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 2 (34). – С. 29–48. – DOI 10.21685/2227–8486-2020-2-3. (в соавторстве Л. А. Гамидуллаева Т. О. Толстых)
123. Шмелева Н. В. Методические аспекты формирования портфеля проектов в инновационной экосистеме// Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2020. № 1 (33), стр. 5–33 DOI: 10.21685/2227–8486-2020-1-1 (в соавторстве Л. А. Гамидуллаева Т. О. Толстых)
124. Шмелева Н. В. Методика оценки уровня зрелости экономической безопасности предприятий в промышленных экосистемах// Регион: системы, экономика, управление. – 2020. - №4 (51), стр. 126 -143 DOI: 10.22394/1997-4469-2020-51-4-126-143 (в соавторстве Толстых Т. О., Агаева А. М.)

125. Шмелева Н. В. Промышленный симбиоз как инструмент циркулярной экономики //Регион: системы, экономика, управление. 2020. № 4 (51). С. 37–48 (в соавторстве Преображенский Б. Г., Толстых Т. О.)
126. Шмелева Н. В. Подходы к оценке человеческого капитала в рамках кросс-отраслевой трансформации промышленных систем// Регион: системы, экономика, управление. - 2019. - № 4 - С. 151–156. (в соавторстве Преображенский Б. Г., Толстых Т. О.)
127. Шмелева Н. В. Обеспечение устойчивости в развитии региональных промышленных систем// Регион: системы, экономика, управление, № 2 (45) - 2019 С. 12–17. (в соавторстве Преображенский Б. Г., Толстых Т. О.)
128. Шмелева Н. В. Экосистемный подход к устойчивому развитию территорий севера и Арктики РФ. Сборник XI Международной научно-практической конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения» - Апатиты. Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2022. – 194 с. ISBN 978-5-91137-475-4 (в соавторстве Толстых Т. О.)
129. Шмелева Н. В. Управление экосистемной трансформацией территорий при переходе к низкоуглеродной экономике. Проблемы и перспективы развития промышленности России. Сборник материалов Десятой международной научно-практической конференции «Промышленность и зеленая инициатива: от науки к практике». Под редакцией А. В. Быстрова. Москва, 2022 (в соавторстве Толстых Т. О.)
130. Шмелева, Н. В. Формирование системы интегральных показателей, отражающих окна возможностей для устойчивого развития промышленных регионов Российской Федерации / Н. В. Шмелева // Экономика промышленности. – 2023. – Т. 16, № 1. – С. 86–94. – DOI 10.17073/2072-1633-2023-1-86-94

131. Энциклопедия технологий. Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий // [Ред. Д. О. Скобелев]: М.; СПб.: «Реноме», 2019. — 824 с.
132. Яшалова Н. Н. Анализ проявления эффекта декаплинга в эколого-экономической деятельности региона // Региональная экономика: теория и практика. – 2014. – № 39. – С. 54–61.

Научная литература и источники на иностранных языках

133. Aarikka-Stenroos L.; P. Ritala; L. D W Thomas. Circular economy ecosystems: A typology, definitions, and implications. In book: Handbook of Sustainability AgencyPublisher: Edward Elgar. 2021.
134. Achrol R.S. Changes in the theory of interorganizational relations in marketing: Toward a network paradigm // Journal of the Academy of Marketing Science. 1997. Vol. 25. No. 1. P. 56–71.
135. Acs Z.J., Stam E., Audretsch D.B., O'Connor A. (2017). The lineages of the entrepreneurial ecosystem approach. Small Business Economics, vol. 49, no. 1, pp. 1–10. DOI: 10.1007/s11187-017-9864-8
136. Adner, R.; Kapoor, R. Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. Strategic Management Journal 2010, 31, 306–333.
137. Adner R. Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. Journal of Management, 2017, Vol. 43, No. 1, January, pp. 39–58
138. Ali Kokangül, Ulviye Polat, Cansu Dağsuyu A new approximation for risk assessment using the AHP and Fine Kinney methodologies Safety ScienceVolume 91 January 2017 Pages 24-32
139. Andersson T., Serger S.S., Sürvik J., Hansson E.W. THE CLUSTER POLICIES WHITEBOOK, IKED, 2004
140. Babkin A.V., Kudryavtseva T.J. Identification and Analysis of Instrument Industry Cluster on the Territory of the Russian Federation // Modern Applied Science, 2015, vol. 9, no. 1, pp. 109—118.

141. Baodi Sun, Jingchao Tang. Ecosystem health assessment: A PSR analysis combining AHP and FCE methods for Jiaozhou Bay, China1 Ocean & Coastal ManagementVolume 1681 February 2019 Pages 41-50
142. Baltic Industrial Symbiosis.– [Electronic resource] – URL: <https://symbiosecenter.dk/project/bis/>
143. Barney, J.B.; Hesterly, W.S. Strategic Management and Competitive Advantage: Concepts and Cases, 5th ed.; Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 2010.
144. Bathrinath, R. K. A. Bhalaji, S. Saravanasankar Risk analysis in textile industries using AHP-TOPSIS. Materials Today: Proceedings In press 45 (2) 2020. DOI:10.1016/j.matpr.2020.04.722
145. Bergman E.M., Feser E.J. Industrial and Regional Clusters: Concepts and Comparative Applications. Regional Research Institute, WVU., 1999.
146. Branca, T.A.; Fornai, B.; Colla, V.; Skills Demand in Energy Intensive Industries Targeting Industrial Symbiosis and Energy Efficiency. Sustainability 2022, 14, 15615. <https://doi.org/10.3390/su142315615>
147. Bramwell A. Growing Innovation Ecosystems: University-Industry Knowledge Transfer and Regional Economic Development in Canada // University of Toronto. Final Report. 2020
148. Breschi S., Lissoni F. Knowledge Spillovers and Local Innovation Systems. A Critical Survey. 2001.
149. Bruns, K., Bosma, N., Sanders, M., & Schramm, M. (2017). Searching for the existence of entrepreneurial ecosystems: A regional cross-section growth regression approach. Small Business Economics, 49(1), 31–54.
150. Burlingham B. Small Giants: Companies That Choose to Be Great Instead of Big. NY: Portfolio, 2016. 186 p.
151. Capello R. Space, Growth and Development: A Historical Perspective and Recent Advances. In: Handbook of Regional Growth and Development Theories / Edited by Capello R., Nijkamp P. / Edward Elgar Publishing. Cheltenham, UK. Northampton, MA, USA, 2019. P.24-47.

152. Castellet-Viciano, L.; Hernández-Chover, V. Industrial Symbiosis: A Mechanism to Guarantee the Implementation of Circular Economy Practices. *Sustainability* 2022, 14, 15872. <https://doi.org/10.3390/su142315872>
153. Ceccagnoli M., Forman C., Huang P., Wu D. Co-creation of value in a platform ecosystem: the case of enterprise software. *MIS Quarterly*, 2012, Vol. 36, No. 1, pp. 263–290.
154. Chertow, M. R. (2007) “‘Uncovering’ Industrial Symbiosis’, *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), pp. 11–30.
155. Cook K.S., Emerson R.M., Gillmore M.R., Yamagishi T. The distribution of power in exchange networks: Theory and experimental results // *American Journal of Sociology*. 1983. Vol. 89. No. 2. P. 275–305.
156. Daly, Herman E. *Economics, Ecology, Ethics: Essays Toward a Steady-State Economy*. San Francisco: W.H. Freeman. 1980. 231 p.
157. D'Aveni, Richard & Dagnino, Giovanni Battista & Smith, Ken. (2010). The age of temporary advantage. *Strategic Management Journal*. 31. 1371 - 1385. 10.1002/smj.897.
158. Dorokhina, E.YU.(2018) «Industrial and eco-industrial parks as a means for the resolution of regional conflicts in the use of natural resources». *Problems of regional ecology*, 2 pp 113–18. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2018-12113>.
159. Ekins, P., Hughes, N., et al., 2017. *UNEP Resource Efficiency: Potential and Economic Implications*. A report of the International Resource Panel. Roadmap to a Resource Efficient Europe, 2011. European commission, pp: 26.
160. Elkington J. Sustainability should not be consigned to history by Shared Value / J. Elkington // *The Guardian*. – [Electronic resource] – URL: <http://www.guardian.co.uk/sustainable-business/sustainability-with-john-elkington/shared-value-john-elkingtonsustainability>

161. Ellen MacArthur Foundation.(2015) «Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition», Greener Management International Circular Economy Action Plan, 2020 – [Electronic resource] – URL: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
162. Elsner W. An industrial policy agenda 2000 and beyond // Experience, Theory and Policy. Bremen Contributions to Institutional and Social Economics. Ed. by A. Biesecker, W. Elsner, K. Grenzdorffer, 1998, no. 34.
163. Entrepreneurial Ecosystems and Growth Oriented Entrepreneurship. OECD-LEED. – [Electronic resource] – URL: www.oecd.org/cfe/leed/entrepreneurial-ecosystems.pdf
164. Enterprise modelling and architecture — Requirements for enterprise-referencing architectures and methodologies. – [Electronic resource] – URL: <https://www.iso.org/standard/28777.html>
165. Erkkö Autio (2022) Orchestrating ecosystems: a multi-layered framework, Innovation, 24:1, 96-109, DOI: 10.1080/14479338.2021.1919120
166. European Institute of Innovation & Technology (EIT) – [Electronic resource] – URL: <https://eit.europa.eu/>
167. Feser E.J. Clusters and Regional Specialization. London: Pion, 1998, pp. 18—40.
168. Fischer M.M. The innovation process and network activities of manufacturing firms // Innovation, Networks, and Knowledge Spillovers: Selected Essays, 2006. P. 117–133
169. Forsé, Michel. L'ordre improbable : Entropie et processus sociaux / Michel Forsé. - [Paris] : Presses univ. de France, Cop. 1989. - 258 p.
170. Frosch R. A., Gallopoulos N. E. Strategies for manufacturing //Scientific American. – 1989. – T. 261. – №. 3.– C. 144-153

171. Gawer A., Cusumano M.A. (2014). Industry platforms and ecosystem innovation. *Product Innovation Management*, vol. 31, pp. 417–433. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpim.12105>.
172. Gartner Hype Cycle Reviews Digital Technology and Trends – [Electronic resource] – URL: <https://www.gartner.com/en/marketing/research/hype-cycle>
173. Global Value chain development report ,2021 – [Electronic resource] – URL: www.wto.org
174. Granovetter M. Economic action and social structure: The problem of embeddedness // *American Journal of Sociology*. 1985. Vol. 91. No. 3. P. 481–510.
175. Granstrand, O.; Holgersson, M. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation* 2020, 90, doi:10.1016/j.technovation.2019.102098
176. Hai-Min Lyu, Wan-Huan Zhou, Shui-Long Shen, An-Nan Zhou Inundation risk assessment of metro system using AHP and TFN-AHP in Shenzhen Sustainable Cities and Society Volume 56, May 2020
177. Harrington, E.C. (1965) The Desirability Function. *Industrial Quality Control*, 21(10), pp. 494- 498.
178. Heisenberg W. "Encounters with Einstein and Other Essays on People, Places, and Particles", Princeton University Press, p.113, 1983.
179. Helfat C.E., Raubitschek R.S. (2018). Dynamic and integrative capabilities for profiting from innovation in digital platform-based ecosystems. *Research Policy*, vol. 47, no. 8, pp. 1391–1399. DOI: 10.1016/j.respol.2018.01.019
180. Hickman G.R. *Leading Organizations Perspectives for a New Era Third Edition*. – University of Richmond, 2015. – 808 p
181. Hwang V. W., Horowitz G. (2012) *The Rainforest. The Secret to Building the Next Silicon Valley*, Los Altos Hills, CA: Regenwald.

182. Insurance beyond digital: The rise of ecosystems and platforms | McKinsey – [Electronic resource] – URL: <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/insurance-beyond-digital-the-rise-of-ecosystems-and-platforms>
183. Interreg Baltic Sea Region 2014–2020 Available at: URL: <https://projects.interreg-baltic.eu/projects/bis-186.html> Baltic Industrial Symbiosis. – [Electronic resource] – URL: <https://symbiosecenter.dk/project/bis/>
184. Isenberg D. The Entrepreneurship Ecosystem Strategy as a New Paradigm for Economic Policy: Principles for Cultivating Entrepreneurship. Babson Entrepreneurship Ecosystem Project. Dublin, from DanIsenberg 2011. URL: <http://urlid.ru/afpg>.
185. ISO 14001:2015. Environmental management systems – Requirements with guidance for use. – [Electronic resource] – URL: <https://www.iso.org/standard/60857.html>
186. Jacobides M., Cennamo C., Gawer A. Towards a Theory of Ecosystems. Strategic Management Journal. 2018. Vol.39, Issue 8, pp. 2255–2276.
187. Kaitez, K. The Philosophy of Entropy. Negentropy Perspective. – [Electronic resource] – URL: <https://www.litres.ru/nikola-kaytez/filosofiya-entropii-negentropiynaya-perspektiva/chitat-onlayn/>
188. Kalundborg Symbiosis: six decades of a circular approach to production. – [Electronic resource] – URL: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices/kalundborg-symbiosis-six-decades-circular-approach-production>
189. Kenneth D. Bailey Social Entropy Theory. Albany, New York: State University of New York (SUNY) Press. 1990. 307 p.
190. Kleiner, G.B. Ecosystem economy: Step into the future. Econ. Revival Russ. 2019, 1, 40–45

191. Koller H., Langmann C. Das Management von Innovationsnetzwerken in verschiedenen Phasen // Innovative Kooperationsnetzwerke / ed. by F. Wojda. A. Barth. Springer DE, 2006. P. 27–80
192. Korhonen J. Industrial ecosystem: using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system. – University of Jyväskylä, 2000. – №. 5
193. Korhonen, J. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. Journal of Cleaner Production 2011, 9(3), 253–259.
194. Kvint, V. L. Strategizing Societal Transformation. Knowledge, Technologies, and Noonomy / V. L. Kvint, S. D. Bodrunov. – USA (Palm Bay), Canada (Burlington), United Kingdom (Abingdon) : Apple Academic Press, 2023. – 228 p. – ISBN 978-1-77491-422-9. – EDN ABCYYJ.
195. Kvint, V. L. Strategy for the Global Market: Theory and Practical Applications. Publisher : Routledge; 1st edition, 2015 - 548 p. ISBN: 9781138892125
196. Lesser E., Prusak L. Preservation of knowledge in an uncertain world // MIT Sloan Management Review. 2001. 43(1)
197. Lipnack J., Stamps J. The age of the network: Organizing principles for the 21st century. Jeffrey Stamps, 1994.
198. Lowe, E. A.; Evans, L. K. Industrial ecology and industrial ecosystems. Journal of Cleaner Production 2015, 3(1), 47–53
199. Lyer-Raniga, Usha. (2019). Using the ReSOLVE framework for circularity in the building and construction industry in emerging markets. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 294. 012002. 10.1088/1755-1315/294/1/012002.
200. Mason C., Brown R. Entrepreneurial Ecosystems and Growth Oriented Entrepreneurship. The Hague, Netherlands, 2014, 38 p. Available at: <http://www.oecd.org/cfe/leed/entrepreneurial-ecosystems.pdf>.
201. Marshall A. Principles of Economics. N.Y.: McMillan Publishing Company, 1922. (First ed. 1890)

202. Marjan Javadian, Hanieh Shamskooshki. Application of Sustainable Urban Development in Environmental Suitability Analysis of Educational Land Use by Using Ahp and Gis in Tehran Procedia Engineering Volume 21, 2011 Pages 72-80
203. Meadows D., Randers J., Meadows D. (2004). Limits to growth: The 30-year update. Chelsea Green Publishing. 338 p.
204. Miles R.E., Snow C.C. Network organizations: new concepts for new forms // California Management Review. 1986. No. 28. P. 62–73.
205. Mitchell J.C. The concept and use of social networks // Mitchell J.C. Social Networks in Urban Situations. Manchester, 1969. P. 1–32.
206. Moody's ESG Solutions – [Electronic resource] – URL: <https://esg.moody's.io/solutions>
207. Moore J.F. (1997). The death of competition: Leadership and strategy in the age of business ecosystems. New York: Harper Collins.
208. Munro T. Triple Helix Newsletter. Triple Helix Association, Stanford. №. 1, 2021.
209. Nelli Mikkola, Linda Randall, Annika Hagberg. Green growth in Nordic regions – 50 ways to make it happen. [Electronic resource]. URL: <https://archive.nordregio.se/>
210. OECD (2013). Interconnected Economies: Benefiting from Global Value Chains. – [Electronic resource] – URL: <https://www.oecd.org/sti/ind/interconnected-economies-GVCs-synthesis.pdf>
211. OECD (2018) «Business models for a Circular Economy, Designing for the Circular Economy» – [Electronic resource] – URL: https://venturewell.org/tools_for_design/design-lifetime-sharing/
212. OECD POLICY HIGHLIGHTS (2020) Business Models for the Circular Economy – Opportunities and Challenges from a Policy Perspective. – [Electronic resource] – URL: <https://www.oecd.org/environment/waste/policy-highlights-business-models-for-the-circular-economy.pdf>

213. Oh, D.-S., Phillips, F., Park, S., & Lee, E. (2016). Innovation Ecosystems: A Critical Examination. *Technovation*, 54, 1–6.
214. Overholm H. (2015). Collectively created opportunities in emerging ecosystems: The case of solar service ventures. *Technovation*, vol. 39, no. 1, pp. 14–25. DOI: 10.1016/j.technovation.2014.01.008.
215. Park, J., Park, J. M. and Park, H. S. (2019) ‘Scaling-Up of Industrial Symbiosis in the Korean National Eco-Industrial Park Program: Examining Its Evolution over the 10 Years between 2005–2014’, *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), pp. 197–207. doi: 10.1111/jiec.12749.
216. Pellikka, J., & Ali-Vehmas, T. (2016). Managing Innovation Ecosystems to Create and Capture Value in ICT Industries. *Technology Innovation Management Review*, 6(10), 17–24.
217. Porter M.E. *On Competition*. Boston: Harvard Business School Press, 1998.
218. Prokhorova, V.V., Anopchenko, T.U., Chernikova, V.E., Goloshchapova, L.V., Kulikova, N.N. Formation and development of industrial clusters in the socioeconomic regional system. *Espacios*, 2018, 39(31)
219. Rosenfeld S.A. Does cooperation enhance competitiveness? Assessing the impacts of inter-firm collaboration // *Research Policy*. 1996. Vol. 25. No. 2. P. 247–263.
220. Russell M. G. et al. *Transforming Innovation Ecosystems through Shared Vision and Network Orchestration* // Triple Helix IX International Conference. Stanford, 2011
221. Schmitz H. On the Clustering of Small Firms // Rasmussen J., Schmitz H., van Dijk M.P. et al. *Flexible specialization: a new view on small industry* // *IDS Bulletin (Special Issue)*, 1992, vol. 23, no. 3.
222. Science Park // International Association of Science Parks and Areas of Innovation. – [Electronic resource] – URL: <https://www.iasp.ws/our-industry/definitions/>

223. Shannon C. “A Mathematical Theory of Communication”, Bell Telephone System Technical Publications, 1948. – [Electronic resource] – URL: <http://cm.belllabs.com/cm/ms/what/shannday/paper.html>
224. Shuobo Xu, Dishi Xu, Construction of regional informatization ecological environment based on the entropy weight modified AHP hierarchy model Sustainable Computing: Informatics and Systems Volume 22 June 2019 Pages 26-31
225. Solow R.N. (1956). A contribution to the theory of economic growth. The Quarterly Journal of Economics, vol. 70, issue 1, pp. 65–94. DOI: <https://doi.org/10.1086/qje.70.1.1229286>
226. Stanford Research Park– [Electronic resource] – URL: <https://stanfordresearchpark.com/>
227. Stieglitz J. (2019). People, power, and profits: Progressive capitalism for an age of discontent. W. W. Norton & Company. 366 p
228. Sustainable Developed Report. Rankings. – 2021. – – [Electronic resource] – URL: <https://dashboards.sdgindex.org/rankings>
229. Teece D. (2018). Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world. Research Policy, vol. 47, no. 8, pp. 1367–1387. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.01.015>
230. The global startup ecosystem report 2022 – [Electronic resource] – URL: <https://startupgenome.com/article/global-startup-ecosystem-ranking-2022-top-30-plus-runners-up>
231. Tolstykh, T.; Shmeleva, N.; Gamidullaeva, L. Evaluation of Circular and Integration Potentials of Innovation Ecosystems for Industrial Sustainability. Sustainability 2020, 12, 4574
232. Tolstykh T, Gamidullaeva L, Shmeleva N, Gromov S, Ermolenko A. Megapolis as a Symbiosis of Socio-Economic Ecosystems: The Role of Collaboration. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2022; 8(3):126. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030126>

233. Tolstykh, T.; Gamidullaeva, L.; Shmeleva, N.; Lapygin, Y. Regional Development in Russia: An Ecosystem Approach to Territorial Sustainability Assessment. *Sustainability* 2020, 12, 6424. doi: 10.3390/su12166424
234. Townsend A., Pang A.S.-K., Weddle R. Future Knowledge Ecosystems. IFTF Report No. SR-1236, 2019. Report No. SR-1236, 2009.
235. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. – [Electronic resource] – URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
236. Tsujimoto, M.; Kajikawa, Y.; Tomita, J.; Matsumoto, Y. A review of the ecosystem concept—Towards coherent ecosystem design. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2018, 136, 49–58.
237. UNCTAD-Eora Global Value Chain Database. – [Electronic resource] – URL: <https://worldmrio.com/unctadgvc/>
238. UNIDO, World Bank Group, and GIZ. (2017) An International Framework for Eco-Industrial Parks. The World Bank Group. – [Electronic resource] – URL: <https://doi.org/10.1596/29110>.
239. United Nations (2015) Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015, Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development – [Electronic resource] – URL: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf
240. UNIDO (2019) «Eco-Industrial Parks - Achievements and Key Insights from the Global RECP Programme». Swiss Confederation – [Electronic resource] – URL: https://www.unido.org/sites/default/files/files/201902/UNIDO_EIP_Achievements_Publication_Final.pdf
241. Valkokari K. (2015). Business, innovation, and knowledge ecosystems: How they differ and how to survive and thrive within them.

- Technology Innovation Management Review, vol. 8, no. 5, pp. 17–24. DOI: <http://doi.org/10.22215/timreview/919>
242. Wareham J., Fox P. B., Cano Giner J. L. Technology ecosystem governance //Organization science. – 2014. – T. 25. – №. 4. – C. 1195–1215
243. WCED (World Commission on Environment and Development) (1987). Report of the world commission on environment and development: Our common future. United Nations – [Electronic resource] – URL: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>.
244. World Steel Association – [Electronic resource] – URL: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/World-Steel-in-Figures-2022-1.pdf>
245. Yakovleva A., Volkova O. Towards an innovation ecosystem: the case for stimulating collaboration in the Russian energy sector. 2018 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 188 012011. DOI: 10.1088/1755-1315/188/1/012011
246. Yeo, Z, Masi, D., Low, J., Ng, Y., Tan, P., Barnes, S.(2019) «Tools for Promoting Industrial Symbiosis: A Systematic Review». Journal of Industrial Ecology, 23 (5): 1087–1108. <https://doi.org/10.1111/jiec.12846>.
247. Zahra S.A., Nambisan S. (2012). Entrepreneurship and strategic thinking in business ecosystems. Business Horizons, vol. 55, no. 3, pp. 219–229. DOI: 10.1016/j.bushor.2011.12.004
248. Zavyalova E., Alsufyev A., Krakovetskaya I., Lijun W., Li J. (2018) Personnel Development in Chinese Innovation-Active Companies. Foresight and STI Governance, vol. 12, no 3, pp. 43–52. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.3.43.52
249. Zhang, R.; Yang, J. Wetland ecosystem stability evaluation by using Analytical Hierarchy Process (AHP) approach in Yinchuan Plain, China Mathematical and Computer Modelling 2013, 57(3–4), 366-374

Нормативные правовые акты и документы

250. ГОСТ Р 56425–2021 «Технопарки. Требования» [Электронный ресурс] – URL:
<https://akitrf.ru/upload/medialibrary/266/46ku94ptqceb96dkdv2y1ayilrdssep.n.pdf?ysclid=leargffook830841636>
251. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ: принят Государственной Думой 02.07.2014 г.: одобрен Советом Федерации 09.07.2014 г. (ред. от 26.07.2019 г.) // Собрание законодательства РФ. – 28.07.2014 г. – № 30 (Часть I). – Ст. 4220.
252. О промышленной политике в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.12.2014 г. № 488-ФЗ: принят Государственной Думой 16.12.2014 г.: одобрен Советом Федерации 25.12.2014 г. (в ред. от 20.07.2020 г.) // Собрание законодательства РФ. – 05.01.2015 г. – № 1 (Часть I). – Ст. 41.
253. Об ограничении выбросов парниковых газов: Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ: принят Государственной Думой 01.06.2021 г.: одобрен Советом Федерации 23.06.2021 г. // Российская газета. – № 147–148. – 07.07.2021 г.
254. Об отходах производства и потребления: Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ: принят Государственной Думой 22.05.1998 г.: одобрен Советом Федерации 10.06.1998 г. (ред. от 02.07.2021 г.) // Российская газета. – № 121. – 30.06.1998 г.
255. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» // Российская газета. – № 159. – 22.07.2020 г.
256. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года: утв.

- Президентом РФ от 30.04.2012 г. // [Электронный ресурс] – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/15177>.
257. Постановление Правительства РФ от 2 июня 2022 года №1012 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" [Электронный ресурс] – URL: <http://government.ru/docs/45627/>
258. Постановление Правительства РФ от 27 декабря 2019 г. N 1863 «О промышленных технопарках и управляющих компаниях промышленных технопарков» [Электронный ресурс] – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202001040034?ysclid=learczxx1u851558114>
259. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 23 сентября 2020 г. N 3221 «Об утверждении Перечня требований к объектам технологической инфраструктуры промышленных технопарков» [Электронный ресурс] – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202010230011?ysclid=learewk09s586059020>
260. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2021 г. «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года № 3052-р. – [Электронный ресурс] – URL: <http://government.ru/docs/all/137358/>
261. Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года. УТВЕРЖДЕНА распоряжением Правительства Российской Федерации от 6 июня 2020 г. № 1512-р [Электронный ресурс] – URL: <https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-pravitelstva-rf-ot-06062020-n-1512-r/svodnaia-strategiia-razvitiia-obrabatyvaiushchei-promyshlennosti/?ysclid=lear8ezaz8749721110>

262. Стратегия долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 год. [Электронный ресурс] – URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d3298582d13a75/proekt_strategii.pdf?ysclid=ldjykik9gx724944987
263. Указ Президента Российской Федерации от 19.04.2017 г. № 176 «Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года». – [Электронный ресурс] –URL: <http://government.ru/docs/all/111285/>
264. Указ Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208 “О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года”. – [Электронный ресурс] –URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71572608/?ysclid=lcctxkbz92443145404>
265. Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/39299>

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 - Анализ российских сетевых моделей трансфера технологий на мезо- и макроуровнях

Критерии анализа	Российские инновационные сети трансфера технологий				
	Российская сеть трансфера технологий (RTTN)	Национальная сеть центров поддержки технологий и инноваций (ЦПТИ)	Союз инновационно-технологических центров России (ИТЦ)	Сеть центров трансфера технологий Российской академии наук и РОСНАНО	Консорциум «EEN – Россия»
I. Организационные аспекты					
Цели и задачи сети	Содействие развитию инновационного бизнеса и коммерциализации наукоемких технологий в России. Задачи сети: передача/трансфер технологий между научным сектором и инновационными компаниями, поиск партнеров	Совместный проект Роспатента и Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС), направленный на развитие сферы интеллектуальной собственности в России и в мире.	Реализация политики активации предпринимательской и научно-технической деятельности; содействие в создании новых инновационных предприятий и поддержка существующих; организация взаимодействия научных, образовательных, инновационных организаций и бизнеса.	Трансфер знаний и технологий между научно-исследовательскими институтами РАН, ОАО «Роснано» и бизнесом в области нанотехнологий.	Поддержка международного и межрегионального делового и научно-технического сотрудничества.
Состав участников сети	Более 50 инновационных центров из 40 регионов России и стран СНГ, специализирующихся в сфере трансфера технологий.	Около 170 региональных центров	23 ИТЦ и организации инновационной инфраструктуры из 9 субъектов Российской Федерации.	80 институтов Академии наук, РОСНАНО, Фонд «Сколково»	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере Союз инновационно-технологических центров России; Российское агентство поддержки малого и среднего бизнеса. Охват более 60 регионов РФ.
Год создания	2002	2012	2000	2014	2008

Целевая аудитория	Инновационные компании, научные и образовательные организации.	Коммерческие компании, индивидуальные предприниматели, научные и образовательные организации.	Научные организации, технопарки, отраслевые исследовательские институты, университеты.	Организации, занимающиеся инновационными проектами в области нанотехнологий	Малые и средние предприятия, научно-исследовательские организации и коллективы, частные разработчики
Сетевая модель	Модель распределенного типа. Каждый центр оказывает услуги по трансферу технологий клиентам своего региона	Модель распределенного типа. Наличие центров трех уровней с разным набором задач и видов деятельности.	Сеть технологических брокеров	Специализированная (тематическая) сеть трансфера технологий	Транснациональная сеть трансфера технологий
II. Функциональные особенности					
Механизмы присоединения к сети	Присоединение возможно на основе прохождения специальной процедуры сертификации.	Добровольное вступление на основе заявления руководителя организации	Добровольное вступление через систему регистрации и подачи заявки	Конкурсный отбор по результатам научно-технической и инвестиционной экспертизы инновационных проектов	Специальный конкурсный отбор, проводимый EASME
Инструменты формирования внутрисетевого партнерства	Технологическое брокерство	Все участники объединены в формальную сеть (ассоциацию). Участие членов сети в общих мероприятиях. Краудсорсинг.	Платформа для проведения международных брокерских мероприятий; международных конференций; бизнес-школ; деловых миссий; выставок.	Создание проектных компаний совместно с наноцентрами Фонда инфраструктурных образовательных программ РОСНАНО, НИИ РАН и Сколково.	Технологический маркетплейс, брокерские мероприятия, личные контакты, специальные проекты, инициируемые участниками сети
Система управления	Координацией сети занимается команда RTTN.	Координирующий орган – Федеральный институт по интеллектуальной	Управляющие комитеты	Фонд инфраструктурных и образовательных программ	Консультативный и управляющий совет (SAG). Оперативное управление

		собственности (Роспатент)			осуществляет агентство EASME.
IT -платформа	Информационно-технологическая платформа - ИТП RTTN	Платформа Всемирной организации интеллектуальной собственности WIPO INSPIRE и Роспатента	Единая информационно-коммуникационная система (ИКС) интегрирована с европейской системой (EASME)	Информационно-технологическая платформа РОСНАНО	Специальная ИТ-платформа Merlin
III. Стратегическое развитие					
Финансовые условия	Отсутствие системного финансирования работы сети. Поддержка осуществляется на проектной основе за счет национальных и международных программ	Оказание услуг на бесплатной и платной основе. Поддержка осуществляется за счет национальных и международных программ.	Некоммерческая организация. Поддержка осуществляется за счет государственных программ.	ЦТТ не выдаёт грантов. Ключевым инвестором проектов выступает сеть наноцентров РОСНАНО	Оказание услуг МСП на бесплатной основе (субсидируемых в рамках программы COSME).
Конкурентные преимущества, обеспечивающие устойчивость	Использование адаптированной европейской методологии трансфера технологий	Использование лучших мировых практик и доступ к ресурсам WIPO. Бесплатное обучение на образовательных программах партнеров сети. Развитая региональная сеть	Высококвалифицированные сертифицированные эксперты. Многопрофильные услуги и комплексная поддержка инновационных компаний.	Корпоративный акселератор, инновационный консалтинг, скаутинг технологий. Экосистема инновационного процесса	Наличие внутренней мотивации компаний (МСП) в повышении конкурентоспособности через трансфер технологий и интернационализацию. Поддержка ЕС.
Уровень сетивизации	Участие в EEN, Innoget	Участие в WIPO, федеральная сеть центров.	Участник: Enterprise Europe Network – EEN, International Network for Small and Medium Enterprises	Федеральная сеть нанотехнологических центров расположена в 11 регионах страны.	Участник: International Network for Small and Medium Enterprises

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – Система показателей для оценки акторов промышленной экосистемы

Таблица 1. ССП экосистемы для инициатора

Актор	ССП экосистемы									
	1.Уровень бизнес-процессов	Колич./Эксп.	2. Отношения с партнерами и клиентами	Колич./Эксп.	3.Цифровая зрелость	Колич./Эксп.	4.Инновационная восприимчивость	Колич./Эксп.	5.Управленческая зрелость	Колич./Эксп.
1.Инициатор, заказчик	1.1 цифровизация бизнес-процессов;	-/+	2.1 наличие длительных партнерских взаимоотношений с клиентами; 2.2 доступность финансовых ресурсов; 2.3 уровень развития коммуникаций 2.4 скорость реагирования на изменение клиентских запросов.	-/+	3.1 трансформация операционных процессов; 3.2 доля сотрудников, обладающих цифровыми компетенциями; 3.3 интенсивность использования цифровых технологий; 3.4 количество реализованных цифровых проектов; 3.5 доступность цифровой среды.	-/+	4.1 уровень инновативности; 4.2 обеспеченность инвестиционными ресурсами для финансирования инновационных программ и проектов; 4.3 инновационная компетентность; 4.4 затраты на инновации по видам деятельности.	-/+	5.1 уровень инфраструктурного развития; 5.2 деловая репутация 5.3 скорость принятия управленческих решений; 5.4 ресурсная обеспеченность 5.5 кибербезопасность	-/+
	1.2 эффективность операционного цикла;	+/-		-/+		+/-		-/+		-/+
	1.3 сложность процессов;	-/+		-/+		+/-		-/+		+/-
	1.4 открытость процессов	-/+		-/+		+/-		-/+		-/+
	1.5 длительность процессов	+/-		-/+		+/-		+/-		-/+

Таблица 2. ССП экосистемы для интегратора

Актор	ССП экосистемы									
	1.Уровень бизнес-процессов	Колич. /Эксп.	2. Отношения с партнерами и клиентами	Колич. /Эксп	3.Цифровая зрелость	Колич. /Эксп	4.Инновационная восприимчивость	Колич. /Эксп	5.Управленческая зрелость	Колич. /Эксп
2.Интегратор	1.1 адаптивность процессов;	-/+	2.1 уровень развития коммуникаций	-/+	3.1 качество цифровой платформы для взаимодействия акторов;	-/+	4.1 удельный вес акторов, осуществляющих инновации;	+/-	5.1сбалансированность обмена знаниями и ресурсами между акторами	-/+
	1.2 сложность процессов интеграции;	-/+	2.2 интеграция знаний, технологий, результатов	-/+	3.2 уровень цифровой зрелости менеджмента	-/+	4.2 количество совместных инновационных проектов, в которых задействованы акторы экосистемы;	+/-	5.2 уровень самоорганизации	-/+
	1.3 цифровизация бизнес-процессов	-/+	2.3 уровень коллаборации	-/+	3.3 индекс цифровой трансформации;	+/-	4.3 информационное обеспечение инноваций;	-/+	5.3 опыт выполнения функций интегратора	-/+
	1.4 степень доступности и целостности данных	-/+	2.4 степень удовлетворенности качеством среды	+/+	3.4 Уровень роботизации и автоматизации процессов	-/+	4.4 инновационная компетентность	-/+	5.4 интеграционный потенциал экосистемы;	+/+
	1.5проектоориентированность организационной структуры.	-/+	2.5 количество совместных проектов	+/-			4.5совокупный уровень инновационной активности акторов	-/+	5.5 рыночная капитализация экосистемы ;	+/-
			2.6 стоимость совместных проектов	+/-					5.6 устойчивость экосистемы	+/+

Таблица 3. ССП экосистемы для разработчика

Актор	ССП экосистемы									
	1.Уровень бизнес-процессов	Колич./Эксп.	2. Отношения с партнерами и клиентами	Колич./Эксп.	3.Цифровая зрелость	Колич./Эксп.	4.Инновационная восприимчивость	Колич./Эксп.	5.Управленческая зрелость	Колич./Эксп.
3.Разработчик	1.1технологический уровень бизнес-процессов; 1.2 длительность цикла завершения процесса разработки; 1.3 эффективность производственного цикла; 1.4 цифровизация процессов 1.5 адаптивность процессов	-/+ +/- -/+ -/+ -/+	2.1 готовность делиться знаниями и технологиями с партнерами; 2.2 система обратной связи с клиентами; 2.3 уровень коллаборации; 2.4 наличие длительных взаимоотношений с партнерами.	-/+ -/+ -/+ -/+	3.1 численность сотрудников, обладающих цифровыми компетенциями; 3.2 наличие цифровой культуры 3.3 повышение производительности труда за счет цифровизации, % 3.4снижение затрат на техническое обслуживание, %	+/- -/+ +/- +/-	4.1уровень квалификации и интеллектуального потенциала персонала; 4.2 наличие инновационных групп; 4.3 инновационная мотивированность персонала; 4.4 техническая и технологическая оснащенность; 4.5удельный вес уникальности производимой продукции; 4.6 коэффициент технологического обмена (отношение доходов и платежей при обороте технологий и результатов НИОКР);	-/+ -/+ -/+ -/+ +/- +/- +/-	5.1кибербезопасность; 5.2уровень правовой защиты всех процессов актора; 5.3 инновационная репутация; 5.4 уровень инфраструктурного развития; 5.5 срок действия патентов и лицензий	-/+ -/+ -/+ -/+ +/-

Таблица 4. ССП экосистемы для поставщика инвестиционных ресурсов

Актор	ССП экосистемы									
	1.Уровень бизнес-процессов	Колич. /Эксп.	2. Отношения с партнерами и клиентами	Колич. /Эксп	3.Цифровая зрелость	Колич. /Эксп	4.Инновационная восприимчивость	Колич. /Эксп	5.Управленческая зрелость	Колич./ Эксп
4.Поставщик инвестиционных ресурсов	1.1эффективность операционного цикла;	+/-	2.1 доступность финансовых ресурсов (привлеченных);	-/+	3.1уровень цифровой безопасности;	-/+	4.1 обеспеченность инвестиционными ресурсами для финансирования инноваций;	+/+	5.1 инвестиции в развитие человеческого капитала;	+/-
	1.2.стоимость процесса (затраты на осуществление 1 цикла) ;	+/-	2.2 маркетинговые затраты на коммуникации с клиентами;	+/-	3.2интенсивность использования цифровых технологий	-/+	4.2 объем финансирования затрат на исследования и разработки;	+/-	5.2 доходность совокупных активов экосистемы;	+/-
	1.3уровень информационного и коммуникационного обеспечения:	-/+	2.3уровень обеспечения клиентоцентричности;	-/+	3.3 уровень цифровых компетенций персонала	-/+	4.3 инновационная компетентность;	-/+	5.3инвестиционная репутация;	-/+
	1.4 длительность инвестиционного цикла;	+/-	2.4 уровень коллаборации с партнерами.	-/+	3.4 сокращение времени на взаимодействие с клиентами	+/-	4.4 доступ к информации о б инновационных проектах .	-/+	5.4 финансовая устойчивость экосистемы	+/+
	1.5 прозрачность процессов	-/+								

Таблица 5. ССП экосистемы для поставщика уникальных ресурсов (технологии)

Актор	ССП экосистемы									
	1.Уровень бизнес-процессов	Колич. /Эксп.	2. Отношения с партнерами и клиентами	Колич. /Эксп	3.Цифровая зрелость	Колич. /Эксп	4.Инновационная восприимчивость	Колич. /Эксп	5.Управленческая зрелость	Колич./ Эксп
5. Поставщик уникальных ресурсов	1.1 уровень информационного и коммуникационного обеспечения	-/+	2.1 наличие длительных партнерских взаимоотношений с заказчиками;	-/+	3.1 уровень цифровых компетенций персонала;	-/+	4.1. инновационная активность;	-/+	5.1уровень правовой защиты;	-/+
	1.2 технологический уровень бизнес-процессов;	-/+	2.2 готовность делиться знаниями и технологиями с партнерами;	-/+	3.2 уровень роботизации и автоматизации процессов	-/+	4.2 уровень креативности сотрудников;	-/+	5.2кибербезопасность;	-/+
	1.3 эффективность производственного цикла;	+/-	2.3 уровень лояльности клиентов;	+/+	3.3повышение эффективности за счет цифровизации,	+/-	4.3 численность сотрудников, обладающих уникальными компетенциями к общему числу персонала;	+/-	5.3 доля уникальных технологий в общей структуре;	+/-
	1.4 уровень цифровизации процессов	-/+	2.4 наличие длительных партнерских взаимоотношений с клиентами;	-/+	3.4снижение затрат на техническое обслуживание, %	+/-	4.4 частота инициации изменений;	+/-	5.4 объем инновационных товаров, работ, услуг;	+/-
	1.5сложность процессов.	-/+					4.5 жизнеспособность инноваций.	-/+	5.5 уровень инфраструктурного развития;	-/+

Таблица 6. ССП экосистемы для промоутера проектов

Актор	ССП экосистемы									
	1.Уровень бизнес-процессов	Колич./Эксп	2. Отношения с партнерами и клиентами	Колич./Эксп	3.Цифровая зрелость	Колич./Эксп	4.Инновационная восприимчивость	Колич./Эксп	5.Управленческая зрелость	Колич./Эксп
6.Промоутер проекта	1.1.длительность процесса коммерциализации;	+/+	2.1.количество долгосрочных договоров с поставщиками и заказчиками;	+/-	3.1 количество реализованных цифровых проектов;	+/-	4.1 среднее время реализации инновационного проекта от его инициации до запуска;	+/-	5.1 количество коммерциализированных проектов /технологий/продуктов к общему числу;	+/-
	1.2 уровень цифровизации процессов;	-/+	2.2 наличие длительных партнерских взаимоотношений с заказчиками;	-/+	3.2сокращение времени на взаимодействие с клиентами или поставщиками	+/-	4.2 количество инновационных проектов к общему числу реализуемых проектов;	+/-	5.2уровень правовой защиты;	-/+
	1.3 уровень информационного и коммуникационного обеспечения	-/+	2.3 скорость реагирования на изменение клиентских запросов.	-/+	3.3 уровень цифровых компетенций персонала	-/+	4.3 финансовый уровень готовности к внедрению инноваций	-/+	5.3кибербезопасность;	-/+
	1.4проектоориентированность;	-/+			3.4 доступность цифровой среды.	-/+			5.4 деловая репутация	-/+
	1.5 фрагментация процессов;	-/+							5.5 срок действия патентов и лицензий	+/-

Таблица 7. ССП экосистемы для генератора циркулярности

Актор	ССП экосистемы									
	1.Уровень бизнес-процессов	Колич./Эксп	2. Отношения с партнерами и клиентами	Колич./Эксп	3.Цифровая зрелость	Колич./Эксп	4.Инновационная восприимчивость	Колич./Эксп	5.Управленческая зрелость	Колич./Эксп
7. Генератор циркулярности	1.1ресурсоемкость; 1.2 фрагментация процессов, направленных, на снижение загрязнения окружающей среды 1.3эффективность использования ресурсов на единицу продукции; 1.4регулируемость экологоориентированных процессов	-/+ -/+ +/- -/+	2.1 индекс циркулярности; 2.2 совместное использование ресурсов; 2.3 симбиотические связи; 2.4сокращение отходов в конце ЖЦ проектов, продуктов; 2.5 наличие длительных партнерских взаимоотношений с акторами	+/- -/+ -/+ +/- -/+	3.1интенсивность использования цифровых технологий; 3.2 уровень цифровых компетенций персонала; 3.3 доступность цифровой среды; 3.4 качество цифровой платформы для взаимодействия акторов.	-/+ -/+ -/+ -/+	4.1сокращение потребления или потери ресурсов в результате экологических инноваций; 4.2 инновационная компетентность; 4.3 количество инновационных симбиотических проектов 4.4 наличие цепочек добавленной стоимости	+/- -/+ +/- -/+	5.1 количество реализованных проектов по рециклингу 5.2циркуляционный потенциал 5.3 участие в деятельности экологических фондов 5.4 индекс циркулярности; 5.5 экологический след	+/- +/-+ -/+ +/- +/-+

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 - Глоссарий терминов

Индустриальные парки - объединение предприятий с целью совместного использования взаимодополняющих ресурсов и инфраструктуры.

Интеграция - формирование макрорегионов и промышленных агломераций с эффективной специализацией и кооперацией.

Кластер — это сконцентрированные по географическому признаку группы взаимосвязанных компаний, специализированных поставщиков, поставщиков услуг, фирм в соответствующих отраслях, а также связанных с их деятельностью организаций в определенных областях, конкурирующих, но вместе с тем ведущих совместную работу.

Кластеризация - процесс совместного расположения фирм и других действующих лиц внутри концентрированной географической области, кооперации вокруг определенной функциональной ниши и установления тесных взаимосвязей и рабочих альянсов для усиления их коллективной конкурентоспособности

Коллаборация - форма интеграции в глобальной среде экономики знаний для получения продуктовых и процессных инноваций. Участники коллаборации добровольно, на принципах доверия, совместно разделяют контроль и ответственность, распределяют финансовые риски, согласовывают интересы и действия, что позволяет получить синергетический эффект.

Кооперация – это форма сотрудничества двух или более предприятий с одной или разных отраслей и территорий, когда каждое предприятие, сохраняя свои границы и интересы, выполняет обязательства в рамках сотрудничества для достижения общего результата.

Координация – взаимодействие предприятий одной отрасли в виде отраслевых союзов и ассоциаций, обеспечивающее регулирование деятельности в отрасли с позиции представления индивидуальных интересов, сохраняя при этом стратегическую независимость.

Приоритеты – это конечный продукт видения, являющиеся концентрацией ценностей и интересов хозяйствующих субъектов.

Промышленная экосистема - открытая внешним вызовам самоорганизующаяся система, включающая в себя сообщество иерархически независимых, но взаимозависимых разнородных субъектов, которые производят промышленные товары и услуги в симбиотическом сотрудничестве, рационально используя ресурсы.

Промышленный комплекс - совокупность групп отраслей, секторов и видов производственно-экономической деятельности, для которых характерен выпуск родственной по своему функциональному назначению продукции или выполнение схожих по содержанию работ и услуг.

Промышленный потенциал - обобщающая количественно-качественная характеристика наличия и возможностей использования совокупности всех

видов ресурсов в конкретных условиях места и времени для достижения стратегических целей развития промышленности.

Промышленный симбиоз (Industrial symbiosis) - совокупность межфирменных отношений, в которых отходы одних предприятий становятся ресурсами или энергией для другого предприятия.

Сеть - система формальных и неформальных контрактов, обслуживающих устойчивые взаимоотношения организаций, которые являются формально независимыми, но объединяют свои ресурсы для снижения издержек и рисков и для формирования дополнительных компетенций, требующихся для создания ценности и реализации совместных целей участников

Сотрудничество – вид интеграции, предусматривающий формирование механизма взаимодействия предприятий, позволяющий сохранить независимость, но при этом работать над достижением общей цели.

Социально-экономическая экосистема - пространственно-локализованный комплекс неконтролируемых иерархически организаций, бизнес-процессов, инновационных проектов и инфраструктурных систем, взаимодействующих между собой в ходе создания и обращения материальных благ и ценностей, способный к длительному самостоятельному функционированию.

Технологический парк — это организация, управляемая специалистами, главной целью которых является увеличение благосостояния местного сообщества посредством продвижения инновационной культуры, а также состоятельности инновационного бизнеса и научных организаций.

Устойчивое развитие (англ. sustainable development), также гармоничное развитие, сбалансированное развитие — процесс экономических и социальных изменений, при котором природные ресурсы, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития, развитие личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений.

Устойчивое развитие территории — это процесс развития потенциала территории за счет формирования совокупного капитала (человеческого, природного, производственного).

Цифровая платформа – это бизнес-модель, которая позволяет поставщикам и потребителям взаимодействовать онлайн, для купли-продажи товаров и услуг, обмена информацией и знаниями.

Экологизация - следование принципам устойчивого развития и создание ресурсоэффективной экономики, направленной на сохранение высокочувствительных природных систем и содействующей социокультурному развитию общества при производственной деятельности.

Экомегасити - мегаполис имеющий высокий уровень экосистемной зрелости, который состоит из экосистем микроуровня и формирует среду,

характеризующуюся свойствами самоорганизации, коэволюции и адаптивности.

Экоиндустриальный парк – расположенные на одной территории производственные и сервисные компании, достигающие устойчивого развития за счет сотрудничества в управлении ресурсами и воздействием на окружающую среду.

Экосистема - открытая и саморазвивающаяся система сетевого взаимодействия экономических акторов, самоорганизующихся на основе особой среды, формируемой в результате обмена (переливов) энергии, в качестве которой выступают новые знания, технологии, информация или уникальные ресурсы.

Экосистемный симбиоз - объединение предприятий с целью обмена материальными и энергетическими ресурсами, технологиями и знаниями.

Энтропия поведения экосистемы - качественная характеристика, отражающая уровень сбалансированности и полезности проектов системы на базе анализа необходимости этих проектов для всех акторов.

Энтропийное равновесие (устойчивость) - порядок и организованность уравнивают беспорядок и дезорганизацию, то есть система приобретает стабильность.