

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



На правах рукописи

ДУДАРЕВА ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА

**УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ
В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ**

Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством:
экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами
(промышленность); управление инновациями

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
доктора экономических наук

Научный консультант:
доктор экономических наук, профессор
Шкарупета Е.В.

Воронеж, 2022

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ	20
1.1 Семантический и наукометрический анализ эволюции, глобальных тенденций и современных направлений мирового, человеческого и промышленного развития с 1990 по 2022 годы	20
1.2 Предпосылки и основания развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций	53
1.3 Базис теории экосистем в условиях внедрения цифровых технологий	65
Выводы по главе 1	80
Глава 2. КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ.....	83
2.1 Особенности устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций	83
2.2 Конвергентная концепция устойчивого развития промышленных экосистем в условиях перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0.....	122
2.3 Сценарные циклы развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.....	131
Выводы по главе 2	137
Глава 3. МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ.....	140

3.1 Архитектура методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем.....	140
3.2 Закономерности и принципы управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций	178
3.3 Методы управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций	186
Выводы по главе 3	193
Глава 4. МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ	196
4.1 Практико-ориентированный методический подход к исследованию опыта управления устойчивым развитием промышленных экосистем	196
4.2 Методика оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций.....	231
4.3 Апробация методики оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций	244
Выводы по главе 4	262
Глава 5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ	265
5.1 Формирование механизма оркестрации устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций	265
5.2 Алгоритм трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние	274
5.3 Моделирование функций промышленной экосистемы с позиции экономии ресурсов и рециркуляции отходов.....	282
Выводы по главе 5	301

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	304
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	309
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	319
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Акты внедрения.....	378
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Акторы национальной экосистемы устойчивого развития	392
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Примеры промышленных экосистем различной отраслевой направленности.....	397
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Система показателей оценки уязвимости промышленной экосистемы	412

Актуальность темы исследования. Об актуальности управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций свидетельствуют следующие взаимосвязанные утверждения:

– согласно расчетам ООН, в случае сохранения неустойчивых моделей традиционного производства и бизнеса, к 2050 году человечеству потребуются ресурсы трех таких планет, как Земля. В этих условиях *парадигма устойчивого развития*, впервые представленная в 1987 году и к настоящему времени достаточно широко изученная, не только не теряет своей актуальности, а приобретает новые конвергентные особенности, связанные с постоянно возрастающей коллективной нагрузкой человечества на естественные ресурсы и переходом к новым геохронологическому и технологическому укладам, с учетом которых стоит разрабатывать инструментарий устойчивого развития для обеспечения ценностей как текущего, так и будущего поколений, а также получения сбалансированных ESG-эффектов (экологических, социальных, управленческих);

– современный ландшафт создания, функционирования и устойчивого развития экономических систем становится все более сложным и непредсказуемым, на изменения влияет все большее количество переменных, что требует разработки соответствующих механизмов реагирования. Такое состояние внешней среды соответствует «периоду наибольшего ускорения» и сопровождается существенными *технологическими трансформациями*, обусловленными переходом к новому технологическому укладу – Индустрии 5.0. До недавнего времени казалось, что промышленное производство адаптировалось к волатильной, неопределенной, сложной и неоднозначной VUCA-среде и научилось совладать с неопределенностью и хаосом;

– пандемия 2020-2022 годов активизировала многие внешние процессы, и мир оказался в еще более хрупком, тревожном, нелинейном и непонятном BANI-состоянии. Эта новая нормальность заставляет кардинально меняться все

промышленные системы, требует по-новому искать ответы на актуальные вопросы и реагировать на вызовы. Потери мирового объема производства по данным ЮНИДО к 2021 году составили 5 843 млрд долларов США в пересчете по паритету покупательной способности. Несмотря на это, промышленное производство и в трудные времена остается катализатором и основным источником восстановления, сохраняя рабочие места и играя роль кросс-отраслевого мультипликатора;

– одним из важных инструментов усиления устойчивого развития признан *экосистемный подход*. В экосистемной экономической модели достигается наивысшая эффективность в сравнении с традиционной экономикой, системами закрытого типа и платформенными моделями. Одним из магистральных направлений экосистемного подхода является изучение *промышленных экосистем* как эмерджентных мультиакторных моделей промышленной деятельности, не управляющихся иерархически и отличающихся самоорганизацией на основе принципов симбиоза;

– промышленные экосистемы способны внести существенный вклад во *всеобщее устойчивое промышленное развитие* на основе экологически эффективных моделей управления и производства, улучшения уровня жизни в локальном масштабе, внедрения более высоких стандартов охраны здоровья и безопасности, повышения идиосинкразической и ковариативной конкурентоспособности в долгосрочной перспективе, снижения потребления и зависимости от ресурсов, увеличения объема продаж;

– отличительные особенности промышленных экосистем требуют разработки соответствующих механизмов и алгоритмов оркестрации перехода, системной трансформации текущего положения промышленной экосистемы в устойчивое состояние на основе достижения стабильности (неуязвимости), жизнестойкости (надежности) и экосистемности (когерентности).

Таким образом, совершенствование управления устойчивым развитием промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций является перспективным направлением создания стойкой инфраструктуры, содействия всеохватывающей и устойчивой индустриализации и инновациям.

Степень разработанности проблемы. Научная проблема данного исследования, связанная с устойчивым развитием, представляется, с одной стороны, исследованной и относительно проработанной. Но, с другой стороны, существуют пробелы в концепции, методологии, методическом инструментарии и механизме управления устойчивым развитием именно промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

Концепцию устойчивого развития как социально-экономическую парадигму в своих трудах формировали и развивали отечественные ученые и исследователи: А.Г. Аганбегян, Ю.П. Анисимов, А.А. Аузан, А.В. Бабкин, С.В. Бадина, С.Н. Бобылев, С.Д. Бодрунов, Л.А. Гамидуллаева, Х.Н. Гизатуллин, Л.А. Гузикова, Д.Н. Дударев, Н.В. Зубаревич, Е.А. Ильина, Л.М. Капица, В.Л. Квинт, Г.Б. Клейнер, А.В. Красникова, Т.С. Колмыкова, Р.М. Нуреев, Т.О. Толстых, В.А. Троицкий, В.Н. Парахина, В.И. Перов, В.М. Полтерович, В.Н. Родионова, Н.В. Сироткина, О.Г. Туровец, Н.В. Шмелева, Д.М. Шотыло, а также зарубежные авторы: S. Baumgärtner, M. Breque, D.M. Goede, S. Derissen, A. Dobson, C. Dölle, J. Elkington, R. Hoogma, Jovane, R. Kemp, T. Klarin, M.F. Quaas, M. Kuhn, X. Li, L. De Nul, E. Ostrom, A. Petridis, M. Riesener, J.D. Sachs, B. Suárez-Eiroa, J. Schot, X. Shi и мн.др.

Основы экосистемного подхода заложили российские ученые: А.В. Бабкин, И.Н. Баранов, А.В. Баснер, С.Н. Бобылев, М. Гривен, В.В. Глухов, В.Я. Захаров, В.А. Карпинская, А. Кашанский, Г.Б. Клейнер, Д.Г. Костень, Р.А. Перелет, О.А. Попова, В.А. Светлосанов, Н.В. Сироткина, О.В. Трофимов, Е.В. Шкарупета, В.Г. Фролов, С.Е. Щепетова и зарубежные: М.Н. Abel, R. Adner, G. Adomavicius, E. Autio, J. Wareham, A. Gawer, C. Dölle, M. Iansiti, L.D.W. Thomas, M. Kuhn, J.F. Moore, F. Nachira, K. Fukuda, R. Levien, M. Loreau, P. Mačiulis, H. Mouquet, C. Cennamo, R.D. Holt, V. Pilinkienė, M. Riesener, M. Rothschild, M. Saleh, M. Tsujimoto, P.B. Fox, J.L. Cano Giner, M. Jacobides.

Промышленные экосистемы в качестве объекта исследуют отечественные авторы: Д.В. Аракчеев, А.В. Бабкин, Д.С. Бекниязов, С.В. Беспалый, Л.А. Гамидуллаева, А.Ю. Гончаров, Л.М. Давиденко, Д.Н. Дударев, Г.Б. Клейнер,

А.В. Мосиенко, Н. Питиримов, В.А. Плотников, Е.В. Попов, В.Л. Симонова, М.А. Солдак, В.И. Тинякова, А.Д. Тихонова, Т.О. Толстых, Н. Харитонова, Е.В. Шкарупета, Н.В. Шмелева и зарубежные исследователи: E.D. Adamides, V. Albino, H. Barabaner, R.J. Baumgartner, D. Wang, M. Wihersaari, N.E. Gallopoulos, I. Giannoccaro, A.R. Zaoual, J. Zhu, J. Korhonen, X. Lecocq, X. Li, Y. Mouzakitis, V. Parida, M. Ruth, I. Savolainen, J.P. Snäkin, L. Fraccascia, R.A. Frosch, X. Shi и мн. др.

Технологическую парадигму в условиях перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0 изучают А.В. Бабкин, С.Ю. Глазьев, Р.С. Голов, Г.И. Гумерова, М.Д. Деягин, В.Я. Захаров, П.М. Клячек, В.Б. Колесникова, В.Н. Кононов, И.В. Либерман, О.Ю. Мартынов, А.В. Мосиенко, В.В. Мыльник, А.Г. Паламарчук, А.В. Подлазов, Е.И. Середа, Н.В. Сироткина, М.А. Солдак, А.А. Федоров, Э.Ш. Шаймиева, Е.В. Шкарупета и зарубежные ученые: G. Adomavicius, W.M. Bishop, M. Breque, J. Byun, J.C. Wang, J. Wareham, L. Gao, M.F. Godoy, V. DiCristina, G. Dosi, Jovane, L. Leydesdorff, D. Lin, C.Y. Liu, I. Lunden, K. Manganello, S. Nahavandi, L. De Nul, H.W. Park, A. Petridis, D. Ribas Filho, T.E. Sung, G. Salton, I. Sachs, M. Taylor, A. Taylor, P.B. Fox, K. Fukuda, C.E. Shannon, J.L. Cano Giner, L.F. Chanchetti, M.Y. Jamali и мн.др.

Таким образом, актуальность исследуемого вопроса, недостаточная теоретическая и методическая база, необходимая для формирования современных научных подходов в области управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций, предопределили выбор темы диссертационной работы, ее цель, задачи, объект, предмет и структуру.

Научная гипотеза исследования состоит в предположении, что в условиях технологических трансформаций, влекущих возрастание нагрузки на человеческое общество и окружающую среду, управление промышленными экосистемами должно осуществляться путем перехода промышленной экосистемы из текущего (неустойчивого) в устойчивое состояние на основе соответствующей конвергентной коэволюционирующей концепции и мультиметодологии с использованием разработанного механизма оркестрации, что позволит

содействовать достижению Целей устойчивого развития, всеобщего устойчивого промышленного развития и получения комплекса ESG-эффектов.

Объектом исследования являются промышленные экосистемы национальной экономики. В качестве основных форм промышленных экосистем исследуются индустриальные (эко-индустриальные) парки, особые экономические зоны, сети промышленного симбиоза.

Предметом исследования являются управленческие и организационно-экономические отношения, возникающие в процессе управления устойчивым развитием промышленных экосистем на всех уровнях управленческого воздействия.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационной работы состоит в уточнении, дополнении и развитии теоретических и научно-методологических подходов к управлению устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

Для достижения указанной выше цели исследования в диссертационной работе были поставлены следующие основные задачи, требующие решения:

- 1) разработать теоретический подход к развитию экосистем;
- 2) обосновать конвергентную концепцию устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций;
- 3) сформировать методологию управления устойчивым развитием промышленных экосистем;
- 4) предложить методику оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций;
- 5) сформировать механизм оркестрации устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций;
- 6) разработать алгоритм трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние;
- 7) предложить рекомендации по совершенствованию управления устойчивым развитием промышленных экосистем на основе симбиоза и рециркулярности.

Степень обоснованности и достоверности. Обоснованность и достоверность полученных научных результатов соответствует общей логике диссертационного исследования, а также подтверждается всесторонним анализом ранних и современных трудов по предмету исследования, применением апробированного научно-методического аппарата, верификацией на нескольких объектах, аналитическими и экспериментальными методами проверки достоверности, наличием и объемом исходного материала, апробацией результатов исследований на практике.

Теоретическая база исследования сформирована фундаментальными парадигмами, оказывающими первостепенное влияние на процессы развития экономических систем на современном этапе и формирующими конвергентную концепцию устойчивого развития, всеобщего устойчивого промышленного развития, экосистемного подхода, теории экосистем с основным акцентом на формирование и развитие промышленных экосистем, концепций Индустрия 4.0 и Индустрия 5.0, цифрового развития. В ходе исследования применялись сопутствующие концепции: междисциплинарные концептуальные направления социобиологии и биоэкономики, солидарологии, эконотроники, экономики созидания; концепция научного знания Т. Куна, теория технологической парадигмы Дж. Доси, концепция жизненного цикла технологии, концепция энтропии; платформенная концепция; промышленная экология в части концепций циркулярной экономики и промышленного симбиоза; концепция «тройного дна» устойчивости и на ее основе – ESG-методология; триада концепций развития, потребностей и будущих поколений, дополненная концепцией ценностей; концепция эко-индустриальных парков; концепция методологического анализа научного знания; концепции антихрупкости, жизнестойкости и уязвимости.

Методологическая база исследования представлена общими и специальными научными подходами и методами исследования. В исследовании применялся целый комплекс *общенаучных методологических* подходов. *Диалектический* подход позволил сформировать философские аспекты, факторы и условия устойчивого развития промышленных экосистем. На основе *критического*

(оценочного) подхода выявлены противоречия, критические аспекты и парадоксы устойчивого развития. *Исторический* общенаучный подход лег в основу формирования предпосылок, тенденций, закономерностей и трендов устойчивого развития промышленных экосистем. *Политический* методологический подход позволил выделить приоритеты правительств разных стран в области устойчивого развития. Применение *системного и синергетического* подходов позволило сформировать целостный взгляд на промышленную экосистему, выделить взаимосвязь ее акторов, уровни, компоненты и структурные элементы промышленной экосистемы, а также сформировать механизм оркестрации устойчивого развития промышленной экосистемы на основе самоорганизации и эмерджентного поведения. Процесс управления в механизм оркестрации позволил методологически представить *кибернетический* подход. На основе *ценностного* подхода выделены основные ценности устойчивого развития текущего и будущего поколений и Индустрии 5.0. *Метасистемный* подход позволил выделить объект, предмет, категории и термины, цели, задачи исследования, а *междисциплинарный* – сущность, связи, структуру, состав, характеристики (качественные, количественные, временные), функции, свойства, специфику, принципы, концепции, стадии, этапы, формы, направления, пути устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций. Кроме этого, в исследовании использовались *кибер-социо-техно-когнитивный* подход и *проектный* подход при формировании кластера проектов устойчивого развития промышленной экосистемы.

Исследование эволюции, глобальных тенденций и современных направлений мирового, человеческого и промышленного развития было проведено на основе методов *семантического, наукометрического и кластерного анализа*. Предпосылки и основания устойчивого развития сформированы на основе *компаративного (сравнительно-исторического) анализа* основных концепций развития экономических систем. При разработке методики оценки устойчивости были использованы метод композитного индекса, метод нечетких множеств, метод упорядочивания предпочтений по сходству с идеальным решением, метод ранг-

суммирования, метод кластеризации с нечетким k-средним, метод наименьших квадратов, метод Гаусса, дисперсионный и множественный регрессионный анализ.

Информационную базу исследования составили актуальные статистические и аналитические данные Росстата, Высшей школы экономики, Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации, ООН, ЮНИДО, Всемирного банка, Международного валютного фонда, ведомственного проекта «Цифровая промышленность», геоинформационной системы (ГИСП) «Индустриальные парки, технопарки, кластеры», данные Европейского открытого научного облака, Ассоциации индустриальных парков России, Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Фонда экономики созидания, материалы образовательного управленческого курса в области космических и цифровых технологий Chief Space Officer, данные Международной программы по геосфере и биосфере, национальные стандарты РФ в рамках системы менеджмента качества, данные операционной платформы ВУПР (ISID), аналитической промышленной платформы ЮНИДО, данные экосистемы промышленного симбиоза Санкт-Петербурга и Ленинградской области в части проектов «Балтийский промышленный симбиоз» и первого в России межрегионального эко-индустриального парка чистых технологий, промышленной экосистемы Калуннборга и ее акторов, ОЭЗ ППТ «Липецк» и ее резидентов, Санкт-Петербургского Кластера Чистых технологий для городской среды и его участника ООО «Тайрмен групп».

Научная новизна результатов исследования заключается в решении важной научной проблемы – разработке теоретических, методологических и концептуальных положений управления устойчивым развитием промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций, механизма оркестрации промышленной экосистемы в целях достижения ее устойчивости, а также в дополнении методов анализа, оценки и моделирования управления устойчивым развитием промышленной экосистемы.

К наиболее значимым научным результатам исследования, определяющим его научную новизну, относятся следующие положения, полученные лично

автором:

1) разработан *теоретический подход к развитию экосистем в условиях технологических трансформаций, заключающийся* в рассмотрении экосистем как коэволюционирующих в условиях смены технологических парадигм форм экономической деятельности, зарекомендовавших себя как модели с наивысшей производственной эффективностью на основе синергетического взаимодействия объектных (кластер, парк, зона), структурных (платформа), процессных (сеть) и инновационных (инкубатор, центр) составляющих, **отличающийся** преобразованием четырехэтапной амплитуды жизненного цикла развития экосистем (становление, рост, зрелость, спад) на основе энтропии дихотомического этапа развития и постулированием необходимости осуществления преобразовательного перехода экосистемы в устойчивое состояние не позднее стадии зрелости, **позволяющий** разработать сценарные циклы развития экосистем с учетом вызовов динамичной внешней среды, потребностей и ценностей текущего и будущих поколений (п. 2.15 паспорта научной специальности 08.00.05);

2) обоснована *конвергентная концепция устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций, заключающаяся* в систематизации признанных научных достижений, теорий и моделей мышления, на основе которых возникают последовательные исследовательские традиции, **отличающаяся** одновременным сближением и учетом разнонаправленных тенденций (1) устойчивого развития, (2) всеобщего и устойчивого промышленного развития, (3) экосистемного подхода, (4) промышленной экологии, (5) Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0, (6) цифрового развития, **позволяющая** представить промышленную экосистему как имманентно устойчивую модель промышленной деятельности, на основе сети гетерогенных акторов с разными убеждениями и принципами принятия решений, не управляемых иерархически, действующих на принципах автономности и взаимосвязанности, самоорганизации и гомеостаза на основе промышленного симбиоза и рециркуляции, целью которых является создание идиосинкразической и ковариативной ценности и долгосрочной конкурентоспособности (п. 1.1.2

паспорта научной специальности 08.00.05);

3) сформирована *методология управления устойчивым развитием промышленных экосистем*, **представляющая собой** совокупность методологических подходов, закономерностей и принципов, охватывающую весь спектр управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций, **базирующаяся** на авторском представлении о секстете гносеологического, парадигмального (мировоззренческого), метауровня (онтологического), научно-содержательного (семантического), технологического и научно-методического (прикладного) уровней управления развитием промышленных экосистем и соответствующих каждому уровню общенаучных подходов, авторской таксономией принципов управления устойчивым развитием промышленных экосистем и описывающих их закономерностей, **позволяющая** определить теоретическую перспективу понимания возможности применения методов, их наборов или передового опыта для решения проблем управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций (п. 1.1.2 паспорта научной специальности 08.00.05);

4) предложена *методика оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций*, **отличающаяся** подходом к оценке композитного показателя не по видам устойчивости, а по компонентам стабильности (неуязвимости), жизнестойкости (надежности) и экосистемности (когерентности), **позволяющая** выявить промышленные экосистемы с наибольшей и наименьшей устойчивостью, провести сравнение оцениваемых промышленных экосистем в рамках трех групп (высокая, средняя, низкая устойчивость), **обладающая** прогностической функцией определения устойчивости по отношению к эколого-, социально-, экономически-приемлемому уровню ESG-результатов (п. 1.1.1 паспорта научной специальности 08.00.05);

5) сформирован *механизм оркестрации устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций*, **представляющий** систему экзогенных и эндогенных инициатив субъекта

(оркестратора, фасилитатора) по обеспечению управленческой и ресурсной поддержки на основе соответствующих функций, методов, подходов и инструментария с учетом вызовов внешней среды, **отличающийся** заменой прямых воздействий на процессы управленческой поддержки на основе самоорганизации; централизованного управления – на децентрализованное; вертикали власти – на одноранговые отношения между акторами внутри промышленной экосистемы, **позволяющий** ускорить динамику перехода промышленной экосистемы из исходного к устойчивому состоянию и достичь экологические, социальные и экономические цели и результаты создания стойкой инфраструктуры, содействия устойчивой индустриализации и инновациям (п. 1.1.1 паспорта научной специальности 08.00.05);

6) разработан *алгоритм трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние, заключающийся* в реализации трех последовательно-параллельных процессов стандартизации, возвращения и управления взаимодействиями, **отличающийся** предварительным скринингом уровня готовности акторов экосистемы к промышленному симбиозу и последующей трансформации в устойчивое состояние, **позволяющий** управляющим субъектам оценить уровень готовности экосистемы по девятибалльной шкале, разработать устойчивую бизнес-модель и наилучшую стратегию устойчивого развития, организовать содействие созданию сетей промышленного симбиоза в целях повышения экологической, социальной и экономической эффективности использования ресурсов (п. 1.1.1 паспорта научной специальности 08.00.05);

7) предложены *рекомендации по совершенствованию управления устойчивым развитием промышленных экосистем, заключающиеся* в моделировании промышленной экосистемы на основе кругооборота исходных невозобновляемых ресурсов и побочных продуктов, энергетических излишков других акторов промышленной экосистемы, приводящего к экономии необходимых ресурсов, **отличающиеся** измерением и расчетом индексов акторного разнообразия и повсеместности в структуре производства и использования отходов для обеспечения представления об эффективности

промышленной коллаборации, **позволяющие** реализовать сети промышленного симбиоза на практике в целях снижения воздействия на окружающую среду при одновременном расширении экономической деятельности (п. 1.1.1 паспорта научной специальности 08.00.05).

Теоретическая значимость состоит в научном обосновании положений, расширяющих представления о методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций; положениях, актуализирующих проблему конвергентной коэволюционирующей концептуализации промышленных экосистем; содержании методического инструментария управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологически трансформаций.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке рекомендаций, которые могут быть использованы в локальных промышленных зонах страны, либо отдельно взятыми промышленными предприятиями, менеджментом особых экономических зон, индустриальных и эко-индустриальных парков, фасилитаторами промышленного симбиоза для формирования программных, проектных и прочих долгосрочных документов, формализующих бизнес-модель, стратегию, политику и тактику развития национальной промышленной экосистемы, а также при подготовке управленческих кадров и иных учебных процессов ВУЗов.

Апробация результатов исследования. Основные теоретические и научно-методические положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на: научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (Воронеж, 2004-2022 годы); *внутривузовских* научно-практических конференциях Воронежского государственного технического университета: «Экономика, организация и управление на предприятиях» (Воронеж, 06 апреля 2007 года), «Теория и методы развития экономики, организации производства и управление в условиях инновационной экономики» (Воронеж, 18 апреля 2011 года); «Теория и методы развития экономики, организации производства и управления в условиях

модернизации» (Воронеж, 12 мая 2014 года); *всероссийских конференциях*: «Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития» (Курск, 30 декабря 2020 года); «Цифровая экономика, умные инновации и технологии» (Санкт-Петербург, 18–20 апреля 2021 года); *международных конференциях*: «Проблемы современных экономических, правовых и естественных наук в России» (Ганновер-Воронеж, 21–23 апреля 2017 года), «The 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 – Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth» (IBIMA 2017) (Испания, 08–09 ноября 2017 года); «the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020) (27-29 февраля 2020 года); «International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development» (AgroDevEco 2020) (Воронеж, 25–26 мая 2020 года); «Topical Areas of Fundamental and Applied Research XXV» (США, 15–16 марта 2021 года); «Общество и экономическая мысль в XXI в.: пути развития и инновации» (Воронеж, 31 марта 2021 года); «The 37th International Business Information Management Association Conference» (IBIMA 2021) (Испания, 30-31 мая 2021 года); «Управление предприятиями и отраслями строительного комплекса в эпоху цифровой трансформации» (Воронеж, 28 сентября 2021 года); «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций» (Красноярск, 15 октября 2021 года); «II International Conference on Digital Economy: Modern Challenges and Real Opportunities» (Азербайджан, 28-29 апреля 2022 года).

Ряд разработок автора за период декабрь 2020 года – сентябрь 2021 года внедрены в деятельность Федеральной особой экономической зоны промышленно-производственного типа (ОЭЗ ППТ) «Липецк» (Приложение А): организационно-управленческое мероприятие «Методика оценки уровня цифровой зрелости промышленной экосистемы» внедрено в ООО «ФЕНЦИ» и в ООО «ППГ Индастриз Липецк»; организационно-управленческое мероприятие «Модель оценки динамики зрелости промышленной экосистемы» внедрено в ООО «Кемин Индастриз (Липецк)»; экономическое мероприятие «Методология количественной

оценки уязвимости промышленной экосистемы и сравнение уязвимости различных факторов промышленной экосистемы в условиях экономических колебаний» внедрено в ООО «ПК РАЦИОНАЛ»; научная разработка, связанная с переходом к «умному» производству в условиях цифровизации на основе единой промышленной платформы, внедрена в ООО «Дока Липецк» с запланированным экономическим эффектом от внедрения – 5 млн рублей; организационно-управленческое мероприятие «Методика оценки уязвимости промышленной экосистемы» внедрено в ООО «Шанс Энтерпрайз» с экономическим эффектом от снижения уровня уязвимости в 15,56 млн рублей ежегодно.

Разработки автора, касающиеся концептуальных, методологических и методических подходов к управлению устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций, внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», что подтверждено документально (Приложение А).

Публикации результатов исследования. Основные положения диссертационного исследования опубликованы в 63 научных работах, среди которых 4 монографии и 1 глава в коллективной монографии, 15 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 2 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science. В работах, подготовленных в соавторстве, основные результаты, выносимые на защиту диссертации, разработаны лично автором.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Содержание диссертации соответствует областям исследования паспорта научной специальности 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством»: 1. Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами (п. 1.1. Промышленность: 1.1.1. Разработка новых и адаптация существующих методов, механизмов и инструментов функционирования экономики, организации и управления хозяйственными образованиями в промышленности; 1.1.2. Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий); 2. Управление инновациями (п. 2.15.

Исследование направлений и средств развития нового технологического уклада экономических систем).

На защиту выносятся следующие положения:

1 Теоретический подход к развитию экосистем в условиях технологических трансформаций.

2 Конвергентная концепция устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

3 Методология управления устойчивым развитием промышленных экосистем.

4 Методика оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций.

5 Механизм оркестрации устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

6 Алгоритм трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние.

7 Рекомендации по совершенствованию управления устойчивым развитием промышленных экосистем на основе симбиоза и рециркулярности.

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

1.1 Семантический и наукометрический анализ эволюции, глобальных тенденций и современных направлений мирового, человеческого и промышленного развития с 1990 по 2022 годы

В настоящее время становятся очевидными глобальные метаморфозы, затрагивающие все отрасли и виды деятельности, выражающиеся в активизации сложных и волатильных процессов¹. Такое состояние внешних и внутренних сред характеризуется целой совокупностью экономических, производственных, социальных, технологических, цифровых, экологических и прочих трансформаций². Наблюдаемые глобальные трансформации во многом обусловлены интенсивным научно-технологическим развитием, принципиально меняющим и качество жизни, и систему социально-экономических отношений³. Общим, связующим мотивом современных трансформационных процессов является их экосистемная сущность⁴.

С целью фиксации и отслеживания направлений смены циклов развития нами были проанализированы отчеты и доклады о мировом, человеческом и промышленном развитии за период с 1990 по 2022 годы (таблица 1.1).

¹ Миркин Я. М., Добашина И. В. Российская экономика: вызовы и сценарии волатильного будущего //Экономическая наука современной России. – 2017. – №. 3 (78).

² Квинт В. Л., Бодрунов С. Д. Стратегирование трансформации общества: знание, технологии, ноономика. – 2021.

Held D. et al. The global transformations reader. – Cambridge: Polity Press, 2000. – Т. 13.

³ Аганбегян А. Г. К устойчивому социально-экономическому росту //Научные труды Вольного экономического общества России. – 2021. – Т. 230. – №. 4. – С. 133-155.

⁴ Fukuda K. Science, technology and innovation ecosystem transformation toward Society 5.0 //International journal of production economics. – 2020. – Т. 220. – С. 107460.

Таблица 1.1 – Эволюция глобальной повестки докладов о мировом, человеческом и промышленном развитии (в обратном хронологическом порядке)

Год	Мировое развитие	Человеческое развитие	Промышленное развитие
2022	Финансы для справедливого восстановления	Неопределенность в антропоцене	Будущее индустриализации в постпандемическом мире
2021	Данные для лучшей жизни		
2020	Торговля как инструмент развития в эпоху глобальных производственно-сбытовых цепей	Следующий рубеж: развитие человека и антропоцен	Индустриализация в цифровую эпоху
2019	Изменение характера труда	За пределами доходов, за пределами средних показателей, за пределами сегодняшнего дня: Неравенство в человеческом развитии в 21 веке	
2018	Обучение для реализации образовательных перспектив	Индексы и показатели человеческого развития	Спрос на производство – движущая сила инклюзивного и устойчивого промышленного развития
2017	Управление и право		
2016	Цифровые дивиденды	Человеческое развитие для всех	Роль технологий и инноваций в инклюзивном и устойчивом промышленном развитии
2015	Разум, общество и поведение	Работа для развития человеческого потенциала	

Год	Мировое развитие	Человеческое развитие	Промышленное развитие
2014	Риски и возможности. Управление рисками в интересах развития	Устойчивое развитие человечества: Снижение уязвимости и повышение устойчивости к внешним воздействиям	
2013	Занятость	Возвышение Юга: Прогресс человечества в многообразном мире	Устойчивый рост занятости – роль обрабатывающей промышленности и структурные изменения
2012	Гендерное равенство и развитие		
2011	Конфликты, безопасность и развитие	Устойчивость и равенство: Лучшее будущее для всех	Промышленная энергоэффективность для устойчивого создания богатства – получение экологических, экономических и социальных дивидендов
2010	Развитие и изменение климата	Настоящее богатство наций: Пути к человеческому развитию	
2009	Новый взгляд на экономическую географию	Преодоление барьеров: Мобильность и развитие человека	Проникновение и движение вверх – новые промышленные вызовы для нижнего миллиарда и стран со средним уровнем дохода

Год	Мировое развитие	Человеческое развитие	Промышленное развитие
2008	Сельское хозяйство на службе развития	Борьба с изменением климата: Человеческая солидарность в разделенном мире	
2007	Проблемы молодого поколения в контексте развития		
2006	Социальная справедливость и развитие	За пределами дефицита: Власть, бедность и глобальный водный кризис	
2005	Улучшение инвестиционного климата в интересах всех слоев населения	Международное сотрудничество на перепутье: Помощь, торговля и безопасность в неравном мире	Создание потенциала для догоняющего развития – исторические, эмпирические и политические аспекты
2004	Как повысить эффективность услуг для бедного населения	Культурная свобода в современном многообразном мире	Индустриализация, окружающая среда и Цели развития тысячелетия в странах Африки к югу от Сахары – новый рубеж в борьбе с бедностью
2003	Устойчивое развитие в меняющемся мире. Преобразование институтов, рост и качество жизни	Цели развития тысячелетия: Договор между государствами о ликвидации нищеты человечества	Конкуренция через инновации и обучение
2002	Создание институциональных основ рыночной экономики	Углубление демократии в раздробленном мире	

Год	Мировое развитие	Человеческое развитие	Промышленное развитие
2001	Борьба с бедностью: создание возможностей, содействие их использованию и повышение защищенности	Заставляя новые технологии работать на человеческое развитие	
2000	Вступление в 21 век	Права человека и человеческое развитие	
1999		Глобализация с человеческим лицом	
1998		Потребление для развития человека	
1997	Государство в меняющемся рынке	Развитие человеческого потенциала для искоренения бедности	
1996	От плана к рынку	Экономический рост и человеческое развитие	
1995	Трудовые ресурсы и глобализация экономики	Гендер и человеческое развитие	
1994	Инфраструктура и развитие	Новые измерения человеческой безопасности	
1993	Инвестирование в здоровье	Участие людей	
1992	Развитие и окружающая среда	Глобальные аспекты человеческого развития	
1991	Проблема развития	Финансирование человеческого развития	
1990	Бедность	Концепция и измерение человеческого развития	

Источники: составлено автором по материалам Всемирного банка (мировое развитие); ООН (человеческое развитие); ЮНИДО (промышленное развитие)

Стоит отметить, что на русский язык переведены не все отчеты и доклады. В таком случае автором использовались их англоязычные версии.

О мировом развитии в период с 1990 по 1999 издавались отчеты⁵, далее форма представления материалов поменялась, и с 2000 года отчеты были переименованы в доклады Всемирного банка⁶.

⁵ World Development Report 1990: poverty. World Bank Group. <https://documents.vsemirnyjbank.org/ru/publication/documents-reports/documentdetail/424631468163162670/world-development-report-1990-poverty>.

World Development Report 1991: the challenge of development. World Bank Group. <https://documents.vsemirnyjbank.org/ru/publication/documents-reports/documentdetail/888891468322730000/world-development-report-1991-the-challenge-of-development>.

World Development Report 1992: development and the environment. World Bank Group. <https://documents.vsemirnyjbank.org/ru/publication/documents-reports/documentdetail/995041468323374213/world-development-report-1992-development-and-the-environment>.

World Development Report 1993: investing in health. World Bank Group. <https://documents.vsemirnyjbank.org/ru/publication/documents-reports/documentdetail/468831468340807129/world-development-report-1993-investing-in-health>.

Отчет о мировом развитии – 1994: инфраструктура и развитие. Всемирный Банк. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/446271468155121230/pdf/131840WDR0RUSSIAN0Box82443B00PUBLIC0.pdf>.

Отчет о мировом развитии – 1995: трудовые ресурсы и глобализация экономики. Всемирный Банк. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/610431468335459832/pdf/148660WDR0RUSSIAN0Box109820B00PUBLIC0.pdf>.

Отчет о мировом развитии – 1996: от плана к рынку. Всемирный Банк. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/252591468149960997/pdf/158910russian.pdf>.

Отчет о мировом развитии – 1997: государство в меняющемся мире. Всемирный Банк. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/886571468156582917/pdf/173000RUSSIAN018213137761901PUBLIC1.pdf>.

Отчет о мировом развитии – 1998/99: знания на службе развития. Всемирный Банк. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/584221468171570513/pdf/184450RUSSIAN017777100511901PUBLIC1.pdf>.

⁶ Доклад о мировом развитии – 1999/2000: на пороге 21 века. Всемирный Банк. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/262151468124779817/pdf/192790WDR0RUSSIAN0317533B00PUBLIC0.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2000/2001 года. Борьба с бедностью. Обзор. Всемирный банк. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2001.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2002 года. Создание институциональных основ рыночной экономики / Пер. с англ. М.: Издательство «Весь Мир», 2002. – 264 с. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/704061468138870671/pdf/228250RUSSIAN017777101501701PUBLIC1.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2003 года. Устойчивое развитие в меняющемся мире. Преобразование институтов, рост и качество жизни. / Пер. с англ. М.: Издательство «Весь Мир», 2003. – 280 с. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2003.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2004 года. Как повысить эффективность услуг для бедного населения. Пер. с англ. – М.: Издательство «Весь Мир», 2004. – 352 с. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2004.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2005. Улучшение инвестиционного климата в интересах всех слоев населения. Обзор. Всемирный банк. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2005.pdf>.

ООН до 2010 года выпускала доклады о развитии человека⁷ (при переводе на

Доклад о мировом развитии 2006. Социальная справедливость и развитие. Обзор. Всемирный банк. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2006.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2007. Проблемы молодого поколения в контексте развития. Обзор. Всемирный банк. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2007.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2008. Сельское хозяйство на службе развития. Обзор. Всемирный банк. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2008.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2009. Новый взгляд на экономическую географию. Обзор. Всемирный банк. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2009.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2010. Развитие и изменение климата. Обзор. Всемирный банк. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2010.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2011. Конфликты, безопасность и развитие. Обзор. Всемирный банк. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2011.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2012. Гендерное равенство и развитие. Обзор. Всемирный банк. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2012.pdf>.

World Development Report 2013: Jobs. Washington, DC. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/11843>.

World Development Report 2014: Risk and Opportunity—Managing Risk for Development. Washington, DC. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/16092>.

Доклад о мировом развитии 2015. Мышление, общество и поведение. Обзор. Всемирный банк. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/785251493925191457-0050022017/original/WDR2015OverviewRussian.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2016. Цифровые дивиденды. Обзор. Всемирный банк. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/224721467988878739/pdf/102724-WDR-WDR2016Overview-RUSSIAN-WebRes-Box-394840B-OUO-9.pdf>.

World Development Report 2017 : governance and the law : Main report (English). World Development Report Washington, D.C. World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/774441485783404216/Main-report>.

Доклад о мировом развитии 2018. Обучение для реализации образовательных перспектив. Всемирный банк. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28340/211096mmRU.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2019. Изменение характера труда. Всемирный банк. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/469061544801350816/pdf/WDR-2019-RUSSIAN.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2020. Торговля как инструмент развития в эпоху глобальных производственно-сбытовых цепей. Всемирный банк. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32437/211457ovRU.pdf>.

Доклад о мировом развитии 2021. Данные для лучшей жизни. Всемирный банк. <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2021>.

Доклад о мировом развитии 2022. Финансы для справедливого восстановления. Всемирный банк. <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2022>.

⁷ Human Development Report 1990: Concept and Measurement of Human Development. UNDP. New York. <http://www.hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1990>.

Human Development Report 1991: Financing Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1991>.

Human Development Report 1992: Global Dimensions of Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1992>.

Human Development Report 1993. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1993>.

Human Development Report 1994: New Dimensions of Human Security. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1994>.

Human Development Report 1995: Gender and Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1995>.

русский язык). Начиная с 2011 года доклады ООН стали называться докладами о человеческом развитии⁸. Доклады о человеческом развитии не издавались в 2012 и

Human Development Report 1996: Economic Growth and Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1996>.

Human Development Report 1997: Human Development to Eradicate Poverty. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1997>.

Human Development Report 1998: Consumption for Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1998>.

Human Development Report 1999: Globalization with a Human Face. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1999>.

Human Development Report 2000: Human Rights and Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2000>.

Human Development Report 2001: Making New Technologies Work for Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2001>.

Human Development Report 2002: Deepening Democracy in a Fragmented World. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2002>.

Доклад о развитии человека 2003. Цели в области развития, сформулированные в Декларации тысячелетия: Межгосударственный compact об избавлении человечества от нищеты. Программа развития ООН. <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2003-summary-russian.pdf>.

Доклад о развитии человека 2004: Культурная свобода в современном многообразном мире. Программа развития ООН. <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2004-russian-summary.pdf>.

Доклад о развитии человека 2005. Международное сотрудничество на перепутье: Помощь, торговля и безопасность в мире неравенства. Программа развития ООН. <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2005-russian-summary.pdf>.

Доклад о развитии человека 2006. Что кроется за нехваткой воды: Власть, бедность и глобальный кризис водных ресурсов. Программа развития ООН. http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2006_russian_summary.pdf.

Доклад о развитии человека 2007/8. Борьба с изменениями климата: Человеческая солидарность в разделенном мире. Программа развития ООН. <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2007-8-russian-summary.pdf>.

Доклад о развитии человека 2009. Преодоление барьеров: Человеческая мобильность и развитие. Программа развития ООН. <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2009-russian-summary.pdf>.

Human Development Report 2010: The Real Wealth of Nations – Pathways to Human Development. New York. <http://hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2010>.

⁸ Доклад о человеческом развитии 2011. Устойчивое развитие и равенство возможностей: Лучшее будущее для всех. Программа развития ООН. http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2011_ru_summary.pdf.

Доклад о человеческом развитии 2013. Возвышение Юга: человеческий прогресс в многообразном мире. Программа развития ООН. http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2013_ru.pdf.

Доклад о человеческом развитии 2014. Обеспечение устойчивого прогресса человечества: Уменьшение уязвимости и формирование жизнестойкости. Программа развития ООН. http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14_a_full_rus_21-01-15_0.pdf.

Доклад о человеческом развитии 2015. Труд по имя человеческого развития. Программа развития ООН. http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2015_report_ru.pdf.

Доклад о человеческом развитии 2016. Человеческое развитие для всех и каждого. Программа развития ООН. http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/2943/hdr_2016_report_russian_web.pdf.

Доклад о человеческом развитии 2018. Индексы и индикаторы человеческого развития. Программа развития ООН. http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update_ru.pdf.

2017 годах.

ЮНИДО выпускает отчеты о промышленном развитии⁹ начиная с 2002 года. Отчеты о промышленном развитии не выпускались в 2006, 2007, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015, 2017, 2019 и 2021 годах.

Качественный анализ эволюции направлений мирового, человеческого и промышленного развития

Как показал анализ источников, использованных при составлении таблицы 1.1 (мировое развитие – Всемирный банк; человеческое развитие – ООН; промышленное развитие – ЮНИДО), периодичность повторения тем составляет в

Доклад о человеческом развитии 2019. За рамками уровня доходов и средних показателей сегодняшнего дня: Неравенство в человеческом развитии в XXI веке. Программа развития ООН. http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2019_ru_0.pdf.

Доклад о человеческом развитии 2020. Следующий рубеж: Человеческое развитие и антропоцен. Программа развития ООН. http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2020_ru.pdf.

Доклад о человеческом развитии 2021/22. Human Development Report to explore uncertainty in the Anthropocene. <http://hdr.undp.org/en/content/2021-22-hdr-theme-announcement>.

⁹ Industrial Development Report 2002-2003. Competing Through Innovation and Learning. UNIDO. <https://doi.org/10.18356/94674506-en>.

Industrial Development Report 2004. Industrialization, Environment and the Millennium Development Goals in Sub-Saharan Africa – The New Frontier in the Fight against Poverty. UNIDO. <https://doi.org/10.18356/abe09ed5-en>.

Industrial Development Report 2005. Capability Building for Catching-up – Historical, Empirical and Policy Dimensions. UNIDO. <https://doi.org/10.18356/dc823237-en>.

Industrial Development Report 2009. Breaking In and Moving Up – New Industrial Challenges for the Bottom Billion and the Middle-Income Countries. UNIDO. <https://doi.org/10.18356/84d9a10d-en>.

Industrial Development Report 2011. Industrial Energy Efficiency for Sustainable Wealth Creation – Capturing Environmental, Economic and Social Dividends. UNIDO. <https://doi.org/10.18356/2361d4c0-en>.

Отчет о промышленном развитии 2013. Устойчивый рост занятости: роль обрабатывающей промышленности и структурных изменений. ЮНИДО. https://www.unido.org/sites/default/files/2014-04/IDR_2013_OVERVIEW_RUSSIAN_EBOOK_0.pdf.

Отчет о промышленном развитии 2016. Роль технологий и инноваций во всеохватывающем и устойчивом промышленном развитии. ЮНИДО. https://www.unido.org/sites/default/files/2015-12/EBOOK_IDR2016_OVERVIEW_RUSSIAN_0.pdf.

Отчет о промышленном развитии 2018. Спрос на продукцию обрабатывающей промышленности: фактор всеохватывающего и устойчивого промышленного развития. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2017-11/IDR2018_OVERVIEW_RUSSIAN.pdf.

Отчет о промышленном развитии 2020. Индустриализация в цифровую эпоху. ЮНИДО. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO_IDR2020-Russian_overview.pdf.

Отчет о промышленном развитии 2022. Будущее индустриализации в постпандемийном мире. ЮНИДО. <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-11/IDR%202022%20OVERVIEW%20-%20RU%20EBOOK.pdf>.

среднем десять лет, так что «каждое издание становится программным документом отраслевого развития на ближайшее десятилетие» – так утверждалось Группой Всемирного банка в аннотации Доклада о мировом развитии 2003 года.

Десятилетнее флагманство и главенствование одной основной проблематики уже можно поставить под сомнение: как показывает анализ, современные мейнстрим направления сосредоточения глобального внимания существуют недолго, после чего сменяются новой направленностью и акцентами¹⁰. Так, например, 2008 год был ознаменован интересом к сельскому хозяйству. В 2014 году мощным инструментом глобального развития было признано управление рисками и возможностями. В 2015 году основное внимание было обращено на триаду «мышление – общество – поведение», то есть на принятие человеком решений. В 2017 году мировая общественность обратила взгляд на совершенствование государственного управления и закона. В 2018 году на первое место вышел кризис обучения, а реализация образовательных перспектив стала основным направлением развития.

В настоящее время, начиная с 2020 года, главной темой является сокрушительное влияние пандемии и постпандемийное человекоцентричное восстановление¹¹ социума, экономики и промышленности.

¹⁰ Капица Л. М. Индикаторы мирового развития // М.: МГИМО (У) МИД России. – 2008. – С. 100.

¹¹ Зубаревич Н. В. Возможности децентрализации в год пандемии: что показывает бюджетный анализ? // Региональные исследования. – 2021. – №. 1. – С. 46-57.

Gunina I.A., Reshetov V.V., Logunova I.V., Pestov V.U., Dudareva O.V., Kalashnikova I.A. Improvement and Development of Human Resources of an Enterprise in the Context of the Digitalized Economy. Proceedings of the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020).

Zenina G., Gunina I., Narolina T., Pahomova Y., Dudareva O. DEVELOPMENT OF HUMAN CAPITAL IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION / В сборнике: Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 – Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth. 2017. С. 4297-4303.

Дударева О.В., Аракчеев Д.В. Достижение целей устойчивого развития промышленной экосистемой в условиях коронакризиса / В сборнике научных статей 10-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития» (30 декабря 2020 года); в 2-х томах, Том 1, – Курск: Юго-Зап.гос.ун-т, 2020. – 351 с. – С. 195-197.

Дударева О.В., Дударев Д.Н. Исследование состояния промышленной экосистемы в условиях коронакризиса / В сборнике научных статей 10-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития» (30 декабря 2020 года); в 2-х томах, Том 1, – Курск: Юго-Зап.гос.ун-т, 2020. – 351 с. – С. 198-200.

Потери глобального промышленного производства к 2021 году по оценкам экспертов¹² представлены на рисунке 1.1.



Источник: ЮНИДО¹³ на основе данных МВФ¹⁴

Рисунок 1.1 – Оценка потерь мирового объема производства вследствие пандемии коронавируса к 2021 году

Несмотря на ускорение смены акцентов, *по результатам качественного анализа можно выделить три эволюционных направления, являющиеся долгожителями* в мировом, человеческом и промышленном развитии:

1. *Вопросы изменения климата и состояние окружающей среды (1992-2022 годы)*. Проблемы окружающей среды вошли в глобальную повестку Всемирного

¹² Потери прогнозируемого мирового объема производства к 2021 году определяются как разность (в долл. США на 2017 год, пересчитанных по ППС) между уровнем ВВП, который прогнозировался до пандемии (октябрь 2019 года, пунктирная линия), и последним доступным прогнозируемым уровнем (октябрь 2021 года, сплошная линия). ВВП — валовой внутренний продукт; ППС — паритет покупательной способности

¹³ Отчет о промышленном развитии 2022. Будущее индустриализации в постпандемийном мире. ЮНИДО. <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-11/IDR%202022%20OVERVIEW%20-%20RU%20EBOOK.pdf>.

¹⁴ Перспективы развития мировой экономики: Спад в обрабатывающей промышленности, рост торговых барьеров. Доклад. Международный валютный фонд. 08.10.2019. <https://www.imf.org/ru/Publications/WEO/Issues/2019/10/01/world-economic-outlook-october-2019>.

Перспективы развития мировой экономики: Восстановление во время пандемии. Доклад. Международный валютный фонд. 12.10.2021. <https://www.imf.org/ru/Publications/WEO/Issues/2021/10/12/world-economic-outlook-october-2021>.

банка еще в 1992 году. В 2004 году ЮНИДО в своем докладе акцентировала внимание на влиянии индустриализации на окружающую среду. В 2007 и 2010 годах продолжилось активное обсуждение вопросов борьбы с изменениями климата и Всемирным банком, и ООН. Данное направление исследований в дальнейшем получило развитие в рамках нового геохронологического уклада – «антропоцена», и в настоящее время активно рассматривается и анализируется программой развития ООН в отчетах о человеческом развитии в 2020 и 2021-2022 годах.

2. Вытекающие из первого пункта *проблемы устойчивого развития (2003-2018 годы)*, а также *ESG-повестка (первое появление в 2011 году)*. Акцент на устойчивое развитие был поставлен Всемирным банком еще в 2003 году до принятия Целей устойчивого развития¹⁵ и Парижского соглашения¹⁶ в 2015 году. В 2011 году устойчивость была постулирована как условие лучшего будущего для всех. Также в 2011 году впервые ЮНИДО обратилась к вопросам ESG-повестки как части проблематики достижения устойчивого развития. В 2013 году устойчивый рост занятости был постулирован как одна из главных целей структурных изменений в обрабатывающей промышленности. В 2014 году в актуальной повестке отражено не только достижение устойчивого человеческого прогресса (Sustaining Human Progress), но и снижение уязвимости (Vulnerabilities) и повышение жизнестойкости (Resilience).

Интерес к проблематике устойчивого развития продолжился и в 2016, и в 2017 годах, когда ЮНИДО акцентировалась на проблемах устойчивого промышленного развития. Здесь необходимо отметить, что часто в своих отчетах о промышленном развитии ЮНИДО использует не просто термин «устойчивое развитие», а более широкое и глобальное понятие «всеохватывающее (всеобщее) и устойчивое промышленное развитие» (ВУПР), иногда дополняя его

¹⁵ Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года. https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R.

¹⁶ PARIS AGREEMENT. UNITED NATIONS. 2015. https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.

прилагательным «инклюзивное».

Необходимо отметить, что с 2014 года начинается публикация ООН глобальных докладов об устойчивом развитии¹⁷ в соответствии с разработанной методологией¹⁸. Так, в 2014 году появилось пионерское прототипное издание¹⁹. Далее глобальные доклады об устойчивом развитии появлялись в 2015²⁰, 2016²¹, 2019²² годах. Следующий доклад запланирован на 2023 год.

3. Новой темой-долгожителем во внимании исследователей и практиков мирового, человеческого и промышленного развития должна стать *цифровизация или цифровое развитие*²³ (2016-2021 годы) в условиях технологических трансформаций (2001-2016 годы). Цифровизация предполагает внедрение в каждый отдельный аспект деятельности соответствующих информационных и/или цифровых технологий. Технологиям и их возможностям во благо человека было посвящено внимание ООН еще в 2001 году. 2016 год был освещен проявлением огромного интереса к формированию и развитию цифровой экономики, что нашло отражение в докладе о мировом развитии, посвященном цифровым дивидендам, укреплению аналогового фундамента цифровой революции. Также в 2016 году роль технологий была рассмотрена как основополагающая в устойчивом промышленном развитии. В 2019 году все более явно стали проявляться эффекты от цифровой трансформации отраслей, что повлекло за собой опасения «машины

¹⁷ Глобальный доклад об устойчивом развитии. <https://sdgs.un.org/ru/gedr>.

¹⁸ Возможная сфера охвата и методология доклада об устойчивом развитии в мире. Доклад генерального секретаря. ООН. Экономический и Социальный Совет. 12 июля 2014 года. https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=E/2014/87&Lang=R.

¹⁹ Prototype Global Sustainable Development Report. United Nations. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, July 2014. <https://sustainabledevelopment.un.org/globalsdreport/2014>.

²⁰ Global Sustainable Development Report. United Nations. 2015. <https://sustainabledevelopment.un.org/globalsdreport/2015>.

²¹ Глобальный доклад об устойчивом развитии 2016. Обеспечение выгоды от развития для всех и каждого. ООН. 2016. <https://sustainabledevelopment.un.org/globalsdreport/2016>.

²² Глобальный доклад об устойчивом развитии 2019. Будущее уже наступило: наука на службе устойчивого развития. ООН. 2019. <https://sustainabledevelopment.un.org/globalsdreport/2019>.

²³ Цифровизация (цифровое развитие) – «процесс организации выполнения в цифровой среде функций и деятельности (бизнес-процессов), ранее выполнявшихся людьми и организациями без использования цифровых продуктов». Источник: Приказ Минкомсвязи России от 01.08.2018 № 428 "Об утверждении Разъяснений (методических рекомендаций) по разработке региональных проектов в рамках федеральных проектов национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации"

отберут у нас работу»²⁴. Изменение характера труда, разработка нового общественного договора были мейнстримом в 2019 году. 2020 год ЮНИДО посвятила индустриализации в цифровую эпоху, а 2021 год стал для Всемирного банка «годом данных» как инструментом улучшения качества и уровня жизни.

Семантический анализ эволюции направлений мирового, человеческого и промышленного развития

В целях более глубокого изучения эволюционных процессов в направлениях мирового, человеческого и промышленного развития необходимо использовать не только качественный, но и количественный анализ на основе методов семантического анализа и инструментария инфометрии²⁵ (рисунок 1.2).

²⁴ Дударев Д.Н., Дударева О.В., Шкарупета Е.В. Концептуальные положения цифровой трансформации индустриальных экосистем / Proceedings of the II International conference Digital economy: modern challenges and real opportunities. Baku: UNEC, Publishing house «UNEC». 2022. С. 392-394.

Дударева О.В. Когнитивные инструменты цифровой трансформации сложных систем / В сборнике: Общество и экономическая мысль в XXI в.: пути развития и инновации. Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию филиала. 2021. С. 393-395.

²⁵ Nacke O. Informetrie: eine neuer Name für eine neue Disziplin. Nachrichten für Dokumentation. 1979. № 30 (6), pp. 219-226.

Almind T. C., Ingwersen P. Informetric analyses on the world wide web: methodological approaches to 'webometrics' //Journal of documentation. – 1997.

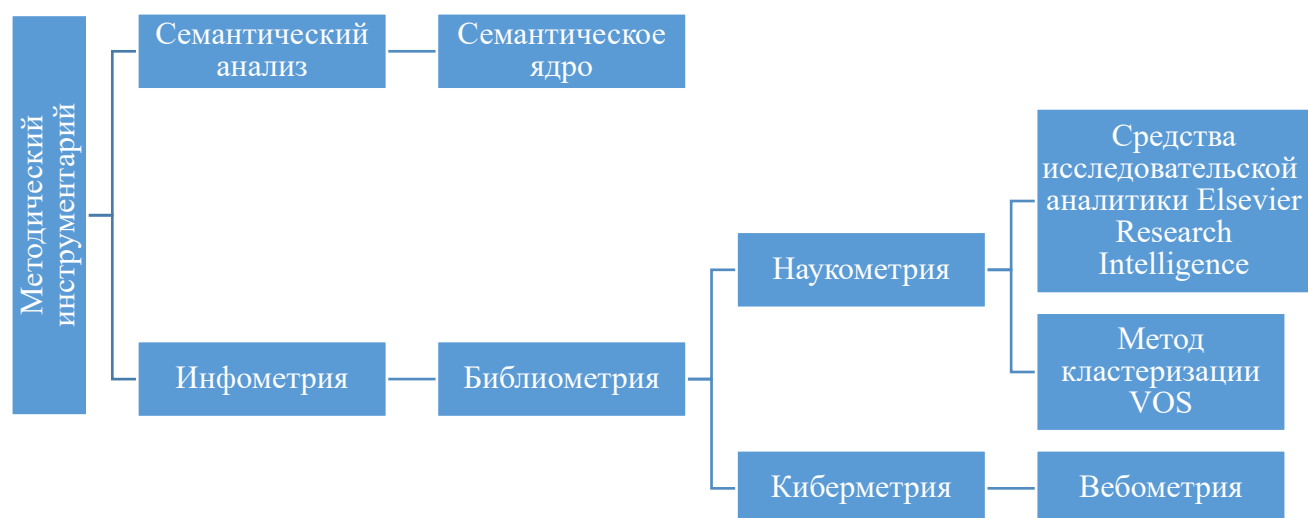
Bar-Ilan J. Informetrics at the beginning of the 21st century—A review //Journal of informetrics. – 2008. – Т. 2. – №. 1. – С. 1-52.

Santos R. et al. Informetric analysis and review of literature on the role of BIM in sustainable construction //Automation in Construction. – 2019. – Т. 103. – С. 221-234.

Гречихин А. А. Общая библиография //М.: МГУП. – 2000.

Стернин И. А., Саломатина М. С. Семантический анализ слова в контексте. – Directmedia, 2015.

Стернин И. А., Рудакова А. В. Словарные дефиниции и семантический анализ. – 2017.



Источник: составлено автором

Рисунок 1.2 – Методический инструментарий количественного анализа направлений мирового, человеческого и промышленного развития с 1990 по 2022 годы

Семантика в общем виде призвана выявить смысловое значение единиц анализа, то есть направлений мирового, человеческого и промышленного развития. Семантический анализ позволяет выявить долю значимых слов в общем тестовом массиве, так называемое семантическое ядро. *Семантический анализ* таблицы 1.1 показывает наличие 194 уникальных слов, из которых 137 являются значимыми.

Семантическое ядро глобальной повестки отчетов и докладов о мировом, человеческом и промышленном развитии с 1990 по 2022 годы представлено в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Семантическое ядро глобальной повестки отчетов и докладов о мировом, человеческом и промышленном развитии с 1990 по 2022 годы

Фраза/слово	Количество	Частота, %
1 развитие	35	8,12
2 человеческий	16	3,71
3 человеческого развития	13	3,02 / 6,03

Фраза/слово	Количество	Частота, %
4 мир	7	1,62
5 устойчивый	6	1,39
6 бедность	5	1,16
7 изменение	4	0,93
8 предел	4	0,93
9 промышленный	4	0,93
10 создание	4	0,93
11 безопасность	3	0,70
12 борьба	3	0,70
13 глобальный	3	0,70
14 индустриализация	3	0,70
15 климат	3	0,70
16 новое	3	0,70
17 потенциал	3	0,70
18 рост	3	0,70
19 устойчивое развитие	3	0,70 / 1,39
20 человечество	3	0,70
21 экономический	3	0,70
22 антропоцен	2	0,46
23 аспект	2	0,46
24 богатство	2	0,46
25 борьба с бедностью	2	0,46 / 0,93
26 будущий	2	0,46
27 век	2	0,46
28 возможность	2	0,46
29 глобализация	2	0,46
30 глобализация человеческого развития	2	0,46 / 1,86
31 государство	2	0,46
32 государство на меняющемся рынке	2	0,46 / 1,86
33 дивиденд	2	0,46

Фраза/слово	Количество	Частота, %
34 доход	2	0,46
35 доходов в пределах	2	0,46 / 0,93
36 занятость	2	0,46
37 изменением климата	2	0,46 / 0,93
38 измерение	2	0,46
39 измерение человеческого	2	0,46 / 0,93
40 инновация	2	0,46
41 интерес	2	0,46
42 инфраструктура развития	2	0,46 / 0,93
43 конфликты в сфере безопасности	2	0,46 / 1,39
44 меняться	2	0,46
45 многообразном мире	2	0,46 / 0,93
46 многообразный	2	0,46
47 население	2	0,46
48 обучение	2	0,46
49 окружать	2	0,46
50 окружающая среда	2	0,46 / 0,93
51 повышение	2	0,46
52 показатель	2	0,46
53 потребление развития	2	0,46 / 0,93
54 право	2	0,46
55 проблема	2	0,46
56 проблема развития	2	0,46 / 0,93
57 промышленном развитии	2	0,46 / 0,93
58 равенство	2	0,46
59 развитие глобального человеческого	2	0,46 / 1,39
60 развитие человеческого потенциала	2	0,46 / 1,39
61 развитие тысячелетия	2	0,46 / 0,93
62 риск	2	0,46
63 роли	2	0,46

Фраза/слово	Количество	Частота, %
64 рубеж	2	0,46
65 рынок	2	0,46
66 социальная справедливость	2	0,46 / 1,39
67 социальный	2	0,46
68 среда	2	0,46
69 средних показателей	2	0,46 / 1,39
70 страна	2	0,46
71 технология	2	0,46
72 торговля	2	0,46
73 тысячелетие	2	0,46
74 управление	2	0,46
75 устойчивом промышленном	2	0,46 / 0,93
76 устойчивом промышленном развитии	2	0,46 / 1,39
77 устойчивость	2	0,46
78 финансирование человеческого развития	2	0,46 / 1,39
79 цели развития	2	0,46 / 0,93
80 цели развития тысячелетия	2	0,46 / 1,39
81 цель	2	0,46
82 цифровой	2	0,46
83 человеческого потенциала	2	0,46 / 0,93
84 экономика	2	0,46
85 эпоха	2	0,46

Источник: рассчитано автором на основе²⁶

²⁶ Семантический анализ текста Адвего для SEO онлайн <https://advego.com/text/seo/>.

Наукометрический анализ эволюции направлений мирового, человеческого и промышленного развития

Для более подробного анализа эволюции глобальной повестки направлений мирового, человеческого и промышленного развития воспользуемся инфометрическими, а именно *наукометрическими методами анализа*. Инструментом реализации наукометрического анализа в целях настоящего исследования выбраны *средства исследовательской аналитики Elsevier Research Intelligence*²⁷. Решения Research Intelligence помогают генерировать действенные выводы по всему исследовательскому процессу, предоставляя качественные структурированные данные, расширенную аналитику, а также множество показателей и метрик. С помощью полученных практических данных возможно проанализировать не только отличительные возможности каждого направления и этапа мирового, человеческого и промышленного развития, а также глобальный ландшафт исследований по рассматриваемой проблематике, их финансирования и влияния на общество²⁸.

Методика наукометрического анализа на основе средств исследовательской аналитики Elsevier Research Intelligence включает в себя ряд этапов.

На *первом этапе* формируется датасет (логически осмысленный набор исходных данных) на основе поиска одновременно по четырем ключевым словам «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)» по документам в базе Scopus по состоянию на 02.02.2022. В результате найден 4031 документ (статьи, опубликованные в научных изданиях), датируемые периодом с 1919 по 2022 годы. Так как на момент проведения анализа

²⁷ Research Intelligence. ELSEVIER. <https://www.elsevier.com/research-intelligence>.

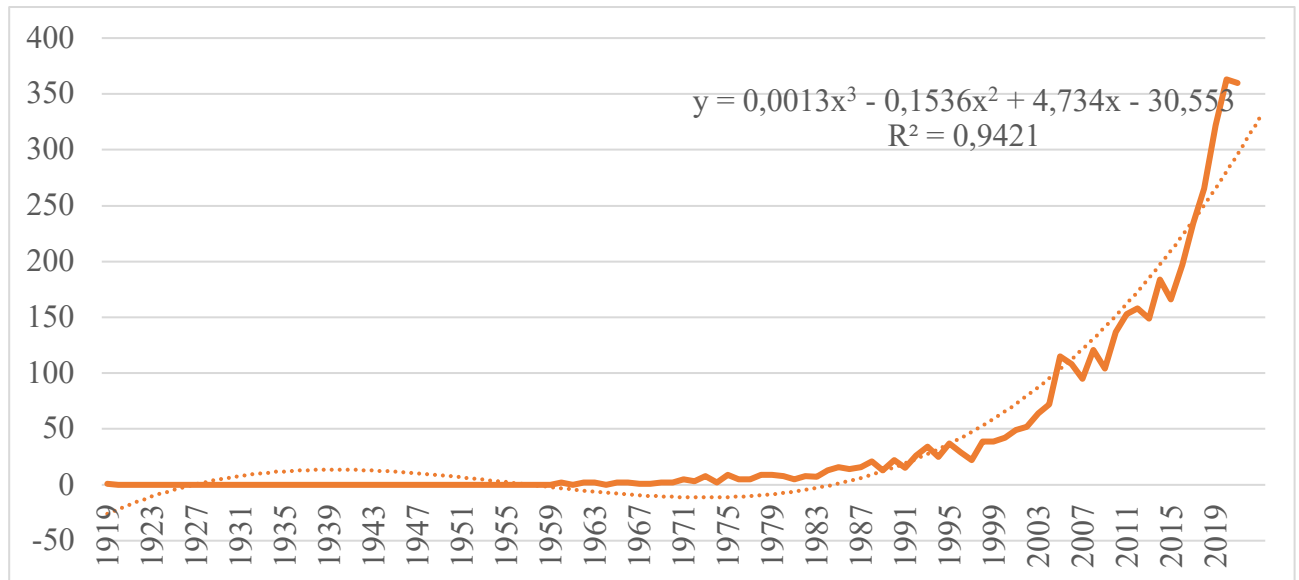
²⁸ Красникова А.В., Дударева О.В., Кривякин К.С., Макаров Н.Н. Методический подход к оценке финансовой безопасности предприятия // Экономика и предпринимательство. 2019. № 2 (103). С. 1295-1300.

Дударева О.В., Красникова А.В. Финансовая стратегия промышленного предприятия. Учебное пособие. Воронеж, 2015.

Дударева О.В. Антикризисный финансовый менеджмент. Учебное пособие. ГОУ ВПО "Воронежский гос. технический ун-т". Воронеж, 2010.

прошел только один полный месяц 2022 года, его результаты следует исключить из составляемого датасета. Итого в выборке остается 3991 документ.

На *втором этапе* анализируется распределение документов по годам (рисунок 1.3).

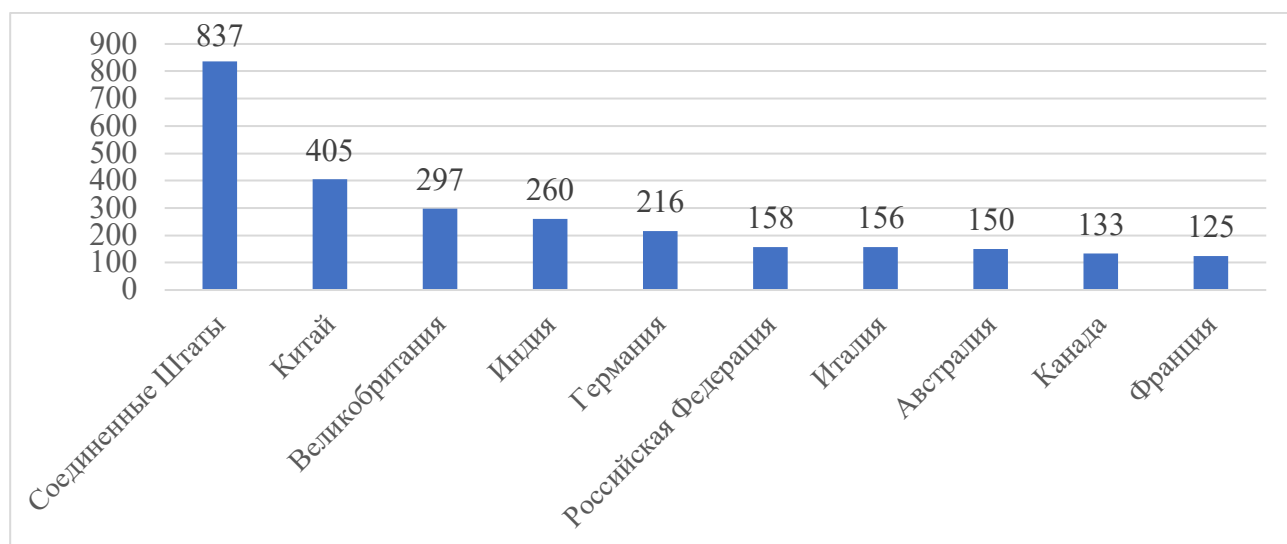


Источник: составлено автором по данным Scopus на 02.02.2022

Рисунок 1.3 – Распределение 3991-го документов Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)» по годам

Ожидаемо, наблюдается экспоненциальный рост количества документов начиная с 2000-х годов.

На *третьем этапе* анализируется распределение документов по странам (рисунок 1.4).



Источник: составлено автором по данным Scopus на 02.02.2022

Рисунок 1.4 – Топ-10 стран с наибольшим количеством документов Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)»

Как видно из рисунка 1.4, наибольшее количество документов в базе Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)» у США, на втором месте – Китай. Россия также присутствует в десятке стран-лидеров по количеству документов и занимает шестое место с количеством документов 158.

Четвертый этап анализа – исследование распределения документов из исходного датасета по организациям (рисунок 1.5).

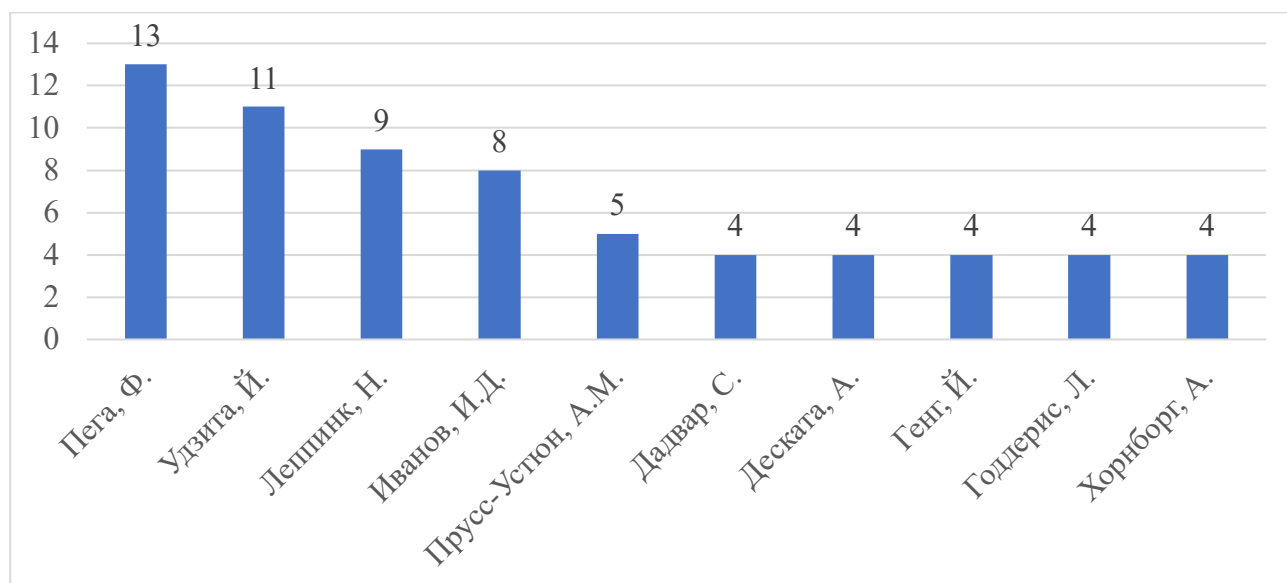


Источник: составлено автором по данным Scopus на 02.02.2022

Рисунок 1.5 – Топ-10 организаций с наибольшим количеством документов Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)»

В десятке организаций-лидеров по количеству документов с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)» находятся четыре китайские организации (Китайская академия наук, Университет Цинхуа, Университета Китайской академии наук, Пекинский университет), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), две американские организации (Калифорнийский университет, университет Огайо), одна организация из Бразилии (университет Сан-Паулу), одна иранская (Тегеранский университет) и одна английская организация (Университетский колледж Лондона). Из российских организаций наиболее активно представлен Санкт-петербургский политехнический университет имени Петра Великого, находящийся на 16-м месте с количеством документов 15.

На *пятом этапе* исследовательский интерес представляет распределение документов в базе Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)» по авторам (рисунок 1.6).



Источник: составлено автором по данным Scopus на 02.02.2022

Рисунок 1.6 – Топ-10 авторов с наибольшим количеством документов Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)»

Наибольшее количество публикаций Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)» – 13 – у автора Ф. Пегэ, ученого из Всемирной организации здравоохранения (Женева, Швейцария). На втором месте с 11 публикациями Й. Удзита – ученый из Международной организации труда (Женева, Швейцария). На третьем месте с 9 публикациями – ученый Н. Леппинк также из Международной организации труда.

Кластерный анализ современного состояния глобальной повестки мирового, человеческого и промышленного развития

Результаты наукометрического анализа 3991-го документов Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)», представленные на рисунках 1.3-1.6,

необходимо дополнить *методом кластеризации VOS* с целью построения и визуализации наукометрических сетей на основе программного инструмента VOSviewer. В качестве исходного датасета сформирована выборка из 360 документов Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)» за 2021 год.

Для нормализации силы связей между элементами используется метод силы ассоциации по формуле:

$$S_C(c_{ij}, s_i, s_j) = \frac{c_{ij}}{\sqrt{s_i s_j}}^{29}, \quad (1.1)$$

где c_{ij} – количество документов, цитируемых и в i , и в j ;

s_i – количество документов, цитируемых в i ;

s_j – количество документов, цитируемых в j .

Величина, определенная в (1.1), равна отношению между количеством раз, когда объекты i и j наблюдались вместе, и средним геометрическим между количеством раз, когда наблюдался объект i и количеством раз, когда наблюдался объект j . Эта мера может быть интерпретирована как косинус угла между i -м и j -м столбцами матрицы встречаемости O , где столбцы O рассматриваются как векторы в m -мерном пространстве³⁰. Косинус, по-видимому, является наиболее популярной прямой мерой сходства в наукометрии³¹. Популярность косинуса во многом

²⁹ Eck N. J., Waltman L. How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures //Journal of the American society for information science and technology. – 2009. – Т. 60. – №. 8. – С. 1635-1651.

Богданов И. П. Картографирование наукометрической и библиометрической информации как инструмент оценки трендов научно-технического развития //Препринты Института прикладной математики им. МВ Келдыша РАН. – 2018. – №. 0. – С. 58-24.

³⁰ Salton G., McGill M. J. Introduction to modern information retrieval. – mcgraw-hill, 1983.

³¹ Braam R. R., Moed H. F., Van Raan A. F. J. Mapping of science by combined co-citation and word analysis. I. Structural aspects //Journal of the American Society for information science. – 1991. – Т. 42. – №. 4. – С. 233-251.

Klavans R., Boyack K. W. Identifying a better measure of relatedness for mapping science //Journal of the American Society for Information Science and Technology. – 2006. – Т. 57. – №. 2. – С. 251-263.

Leydesdorff L. The relations between qualitative theory and scientometric methods in science and technology studies: introduction to the topical issue //Scientometrics. – 1989. – Т. 15. – №. 5-6. – С. 333-347.

обусловлена работами Солтона³² в области информационного поиска. Поэтому косинус иногда называют мерой Солтона, или индексом Солтона³³. В некоторых исследованиях используется показатель, называемый индексом эквивалентности³⁴. Эта мера равна квадрату косинуса. За пределами наукометрии и информационного поиска косинус также известен как коэффициент Оchiaя.

Параметры притяжения и отталкивания влияют на то, как элементы располагаются на карте с помощью техники компоновки VOS. Автором приняты параметр притяжения, равный 2-м, и параметр отталкивания, равный нулю. Параметр кластеризации «разрешение» определяет уровень детализации кластеризации, создаваемой методом кластеризации VOS, и принят равным единице. Чем выше значение параметра, тем большее количество кластеров создается методом кластеризации VOS. Минимальный размер кластеров, создаваемых методом кластеризации VOS, принят равным 1. Ожидается, что каждый кластер, созданный методом кластеризации VOS, будет включать, по крайней мере, минимальное количество элементов, заданное этим параметром³⁵.

В результате получена следующая сетевая визуализация (рисунок 1.7).

Peters H. P. F., Van Raan A. F. Co-word-based science maps of chemical engineering. Part I: Representations by direct multidimensional scaling //Research Policy. – 1993. – Т. 22. – №. 1. – С. 23-45.

Peters H. P. F., Braam R. R., van Raan A. F. J. Cognitive resemblance and citation relations in chemical engineering publications //Journal of the American Society for Information Science. – 1995. – Т. 46. – №. 1. – С. 9-21.

Small H., Sweeney E. Clustering the science citation index® using co-citations //Scientometrics. – 1985. – Т. 7. – №. 3. – С. 391-409.

Small H., Sweeney E., Greenlee E. Clustering the Science Citation Index using co-citations. II. Mapping science //Scientometrics. – 1985. – Т. 8. – №. 5-6. – С. 321-340.

³² Salton G. Associative document retrieval techniques using bibliographic information //Journal of the ACM (JACM). – 1963. – Т. 10. – №. 4. – С. 440-457.

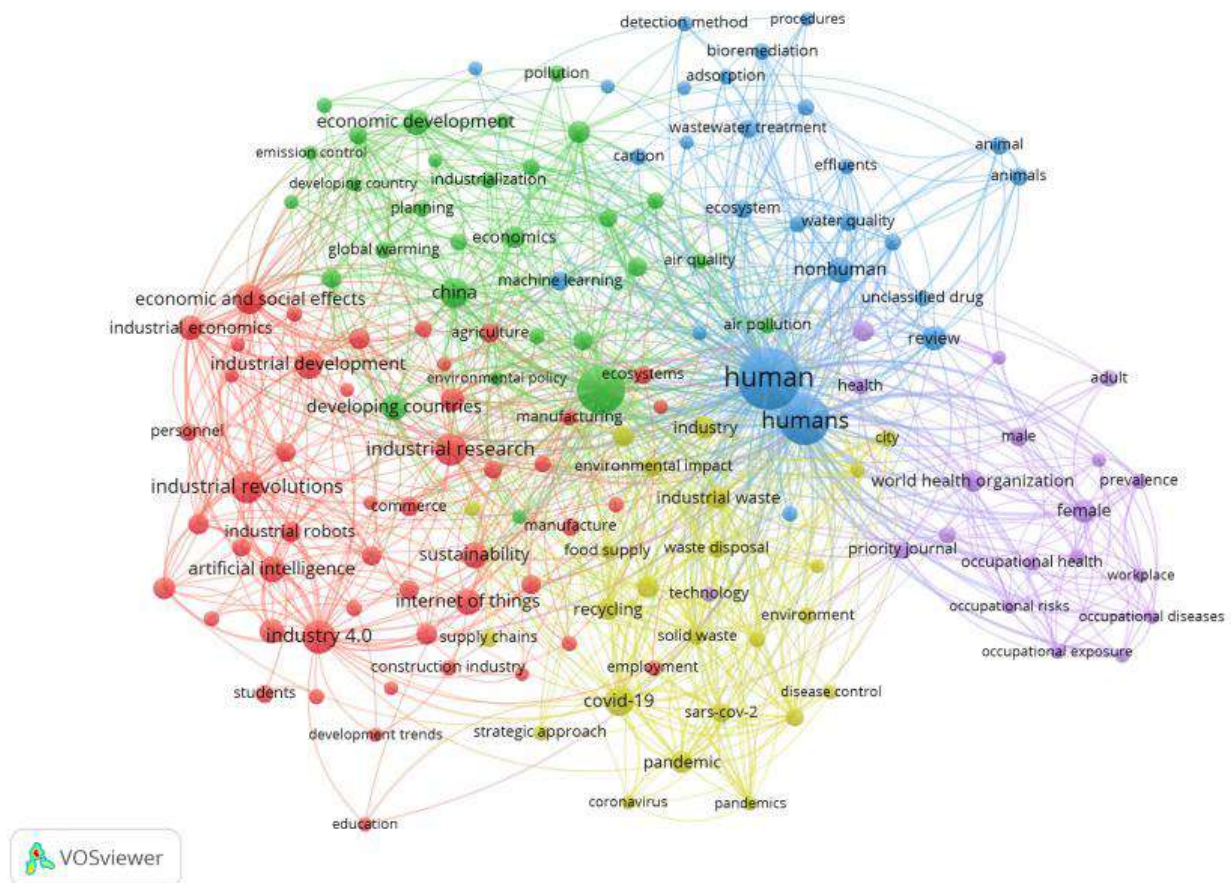
Salton G., McGill M. J. Introduction to modern information retrieval. – mcgraw-hill, 1983.

³³ Баряхнин В. Б., Нехаева В. А., Федотов А. М. О задании меры сходства для кластеризации текстовых документов //Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2008. – Т. 6. – №. 1. – С. 3-9.

³⁴ Козицын А. С., Афонин С. А. Нахождение скрытых зависимостей между объектами на основе анализа больших массивов библиографических данных //Proc. of the International Conference Actual Problems of Systems and Software Engineering (APSSE 2019), IEEE Conference Proceedings. – 2019. – С. 320-328.

Швец А. В. и др. Исследование систем и методов наукометрического анализа научных публикаций //Искусственный интеллект и принятие решений. – 2014. – №. 3. – С. 62-71.

³⁵ Eck N. J., Waltman L. VOSviewer Manual. Report. 24 January 2022. https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.18.pdf.



Источник: составлено автором по данным Scopus на 02.02.2022 с помощью программного инструмента VOSviewer

Рисунок 1.7 – Сетевая визуализация 360 документов Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)» за 2021 год

Как видно из рисунка 1.7, в результате создания наукометрических сетей сформированы пять кластеров:

- 1) кластер человеческого развития и человекоцентричных ценностей;
- 2) кластер устойчивого развития;
- 3) кластер Индустрии 4.0 и технологических трансформаций;
- 4) кластер постпандемийных последствий и влияния пандемии на экономику и промышленность;
- 5) кластер мирового развития и оздоровления организаций.

Кластер в VOSviewer – это набор элементов, включенных в карту. В VOSviewer кластеры не пересекаются. Другими словами, элемент может принадлежать только к одному кластеру. Кластеры не обязательно должны полностью охватывать все элементы карты. Следовательно, могут быть элементы, которые не принадлежат ни к одному кластеру³⁶.

Особое значение имеют атрибуты случаев (количество документов, в которых встречается ключевое слово) и общей силы связи элементов. Эти атрибуты представлены числовыми значениями (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Количественные атрибуты наукометрического анализа 360 документов Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)» за 2021 год

	Ключевое слово	Слу чай	Общая сила связи	Ключевое слово	Слу чай	Общая сила связи
1	человек	88	687	74 охрана окружающей среды	7	76
2	люди	57	444	75 ископаемое топливо	7	42
3	устойчивое развитие	51	338	76 глобальное потепление	7	44
4	индустрия 4.0	26	132	77 здоровье	7	70
5	промышленные исследования	25	130	78 промышленная гигиена	7	58
6	промышленные революции	25	136	79 промышленное производство	7	54
7	китай	21	173	80 индустриализаци я	7	60

³⁶ Eck N. J., Waltman L. VOSviewer Manual. Report. 24 January 2022. https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.18.pdf.

Ключевое слово		Случаи	Общая сила	Ключевое слово		Случаи	Общая сила
			связи				
8	ковид-19		21	175	81	планирование	
9	экономические	и	20	140	82	загрязнение окружающей среды	
10	промышленное развитие		19	97	83	производительность	
11	искусственный интеллект		16	63	84	твёрдые отходы	
12	развивающиеся страны		16	122	85	урбанизация	
13	экономическое развитие		16	127	86	управление водными ресурсами	
14	интернет вещей		16	67	87	адсорбция	
15	нечеловеческий		15	143	88	загрязнение воздуха	
16	устойчивость		15	76	89	качество воздуха	
17	промышленная экономика		14	113	90	строительная индустрия	
18	обзор		14	112	91	затраты	
19	робототехника		14	53	92	киберфизическая система	
20	сельскохозяйственные роботы		13	63	93	метод обнаружения	
21	женщина		13	102	94	экономический аспект	
22	контролируемое исследование		12	123	95	экономический рост	
23	всемирная	организация	12	122	96	сточные воды	
24	экономика		11	76	97	занятость	
25	четвёртая	промышленная	11	46	98	энергоэффективнос ть	
	революция						

Ключевое слово	Случаи	Общая сила связи		Ключевое слово	Случаи	Общая сила связи	
26	промышленные отходы	11	140	99	обеспечение продовольствием	6	42
27	промышленность	11	98	100	человеческий капитал	6	49
28	пандемия	11	118	101	человеко-компьютерное взаимодействие	6	13
29	переработка отходов	11	146	102	промышленная революция	6	20
30	управление отходами	11	144	103	международная торговля	6	30
31	изменение климата	10	59	104	интернет	6	43
32	экологическая технология	10	64	105	жизненный цикл	6	27
33	управление человеческими ресурсами	10	29	106	производство	6	51
34	промышленные роботы	10	37	107	гигиена труда	6	48
35	инновации	10	73	108	распространенность	6	63
36	здравоохранение	10	94	109	стратегический подход	6	42
37	сельское хозяйство	9	59	110	систематический обзор	6	63
38	торговля	9	40	111	технология	6	26
39	развивающийся мир	9	90	112	неклассифицированный препарат	6	53
40	цифровая трансформация	9	37	113	вирусы	6	28
41	встроенные системы	9	48	114	сельскохозяйственные продукты	5	35
42	воздействие на окружающую среду	9	82	115	алгоритм	5	39
43	человеческий эксперимент	9	83	116	Бангладеш	5	20
44	машинное обучение	9	62	117	города	5	80

Ключевое слово	Случаи	Общая сила связи		Ключевое слово	Случаи	Общая сила связи	
45	мужчина	9	64	118	коронавирус	5	39
46	статистика населения	9	73	119	принятие решений	5	35
47	исследования и разработки	9	69	120	развивающаяся страна	5	68
48	сарс-ков-2	9	97	121	тенденции развития	5	24
49	технологическое развитие	9	60	122	контроль заболеваний	5	35
50	животное	8	57	123	образование	5	20
51	животные	8	57	124	контроль выбросов	5	46
52	автоматизация	8	34	125	управление окружающей средой	5	61
53	углекислый газ	8	75	126	экологическая политика	5	76
54	коронавирусная болезнь 2019	8	106	127	прогнозирование	5	15
55	экосистема	8	68	128	глобализация	5	48
56	экосистемы	8	59	129	правительство	5	55
57	эффективность	8	29	130	парниковые газы	5	34
58	использование энергии	8	80	131	риски для здоровья	5	55
59	производство	8	41	132	тяжёлые металлы	5	19
60	персонал	8	49	133	промышленное предприятие	5	16
61	журнал приоритетов	8	98	134	инвестиции	5	42
62	студенты	8	17	135	нанотехнологии	5	22
63	цепочки поставок	8	45	136	профессиональные заболевания	5	51
64	утилизация отходов	8	109	137	профессиональное воздействие	5	57

Ключевое слово	Случаи	Общая сила		Ключевое слово	Случаи	Общая сила	
связи				связи			
65	очистка сточных вод	8	47	138	профессиональные риски	5	47
66	качество воды	8	74	139	оптимизация	5	25
67	взрослые	7	45	140	пандемии	5	74
68	биоремедиация	7	44	141	контроль загрязнения	5	20
69	углерод	7	57	142	процедуры	5	32
70	химия	7	58	143	оценка риска	5	64
71	город	7	87	144	фактор риска	5	61
72	окружающая среда	7	47	145	наука и техника	5	22
73	экологический мониторинг	7	78	146	опросы	5	28
				147	рабочее место	5	49

Источник: получено автором по данным Scopus на 02.02.2022 с помощью программного инструмента VOSviewer

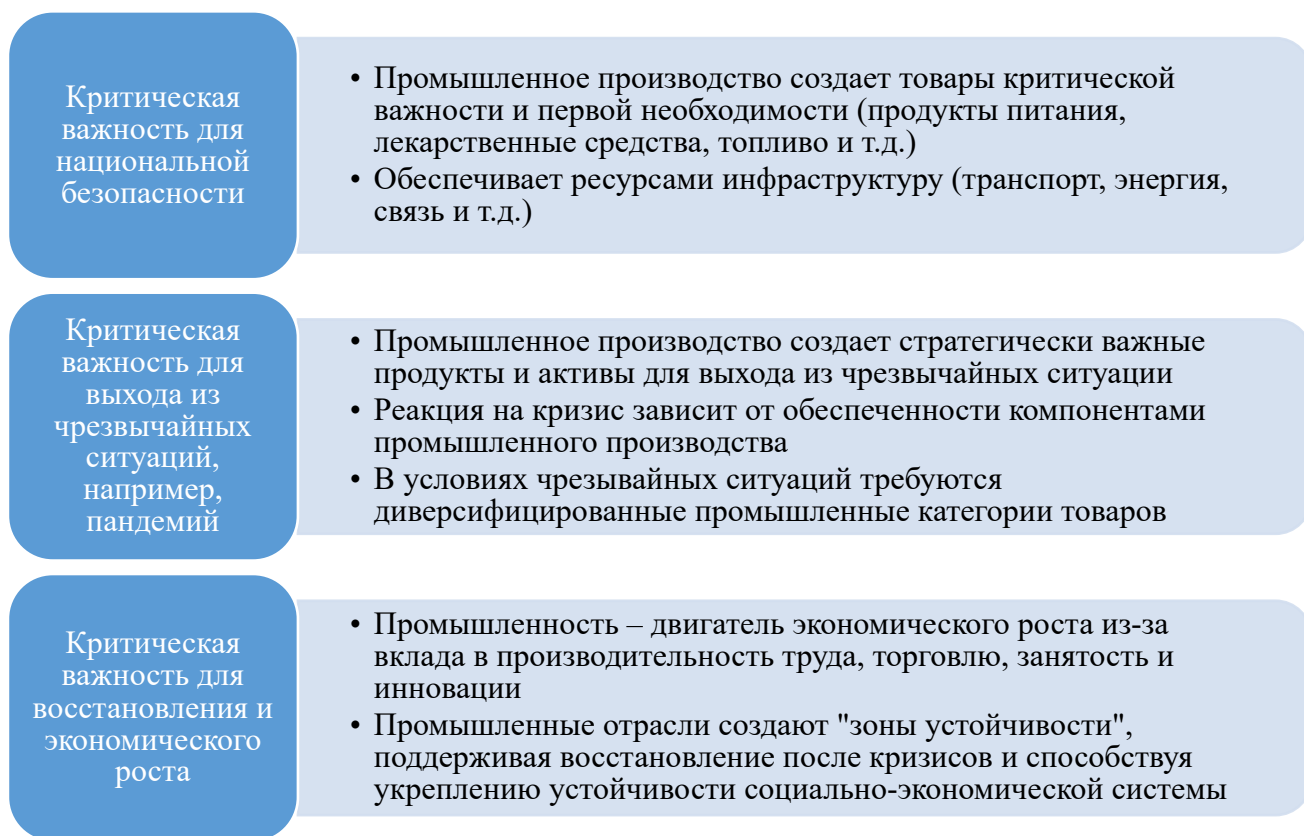
Сопоставим результаты семантического и наукометрического анализов и представим 20 ключевых слов, характеризующих эволюцию и современное состояние глобальной повестки мирового, человеческого и промышленного развития (рисунок 1.8).

Топ-20 ключевых слов семантического ядра	Топ-20 ключевых слов наукометрического анализа
1. Развитие 2. Человеческий 3. Человеческого развития 4. Мир 5. Устойчивый 6. Бедность 7. Изменение 8. Предел 9. Промышленный 10. Создание 11. Безопасность 12. Борьба 13. Глобальный 14. Индустриализация 15. Климат 16. Новое 17. Потенциал 18. Рост 19. Устойчивое развитие 20. Человечество	1. Человек 2. Люди 3. Устойчивое развитие 4. Индустрия 4.0 5. Промышленные исследования 6. Промышленные революции 7. Китай 8. Ковид-19 9. Экономические и социальные последствия 10. Промышленное развитие 11. Искусственный интеллект 12. Развивающиеся страны 13. Экономическое развитие 14. Интернет вещей 15. Нечеловеческий 16. Устойчивость 17. Промышленная экономика 18. Обзор 19. Робототехника 20. Сельскохозяйственные роботы

Источник: составлено автором

Рисунок 1.8 – Ключевые слова, характеризующие эволюцию и современное состояние глобальной повестки мирового, человеческого и промышленного развития

Представленные в таблицах 1.2-1.3 и полученные в ходе наукометрического анализа (рисунки 1.3-1.8) результаты наглядно демонстрируют, что мировое, человеческое и промышленное развитие реализуется под главенством многообразных человекоцентрических ценностей на основе постулатов достижения целей устойчивого и цифрового развития. При этом *исключительно важным фактором устойчивости является промышленный потенциал* (рисунок 1.9).



Источник: составлено по материалам³⁷

Рисунок 1.9 – Роль промышленности в повышении устойчивости системы

Пандемия 2020-2022 годов эмпирически подтвердила тезис о том, что промышленность является основным элементом экономики, и в трудные времена производственные отрасли способны стать катализатором и основным источником оздоравливающего восстановления. Именно производственный сектор во время локдауна позволил миллионам людей получить доступ к самому необходимому, сохраняя рабочие места.

В отчете о промышленном развитии ЮНИДО 2022 года³⁸ показано, что последствия пандемии легче всего переносят страны, имеющие высокий промышленный потенциал и наиболее диверсифицированные производственные

³⁷ Lopez-Gomez, C., Castaneda-Navarrete, J., Tong, Y.S. и Leal-Ayala, D., 2021. Adding the Resilience Dimension to Industrial Policy: Lessons from COVID-19. Справочный документ, подготовленный для Доклада о промышленном развитии за 2022 год. ЮНИДО.

³⁸ Отчет о промышленном развитии 2022. Будущее индустриализации в постпандемийном мире. ЮНИДО. <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-11/IDR%202022%20OVERVIEW%20-%20RU%20EBOOK.pdf>.

отрасли. Промышленные секторы экономики также играют роль мультипликаторов, позволяющих создать дополнительную ценность в других отраслях.

Все вышеперечисленное подтверждает своевременность, необходимость разработки и совершенствования методологии и инструментария устойчивого развития промышленных систем в современных условиях.

1.2 Предпосылки и основания развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций

В целях формирования предпосылок и оснований устойчивого развития промышленных систем в условиях технологических трансформаций необходимо провести исследование на основе компаративного (сравнительно-исторического) анализа основных концепций развития экономических систем.

Как отмечено в п. 1.1 настоящего исследования, современный период наибольшего ускорения и вся история человечества показывает, что скорость смены технологических циклов постоянно увеличивается. Если раньше технологии менялись один раз в несколько сотен лет, то сегодня скорость смены технологий достигла десятилетнего цикла, и дальше частота смены технологий будет только нарастать.

Концепция научного развития Т. Куна³⁹, предложенная им в 1962 году, предполагает, что развитие науки происходит на основе непрерывной смены циклов перехода научной парадигмы от порядка к беспорядку.

Развитием этой концепции в 1982 году стала *теория технологической*

³⁹ Kuhn Thomas S. The Structure of Scientific Revolutions. 1962.

Кун Т. Структура научных революций. – Рипол Классик, 1975.

Кун Т. После «Структуры научных революций». – Litres, 2020.

парадигмы Дж. Доси⁴⁰, предполагающая переход от старых технологий к новым по аналогии с переходом от старых парадигм к новым. Технологическая парадигма – это процесс, который переходит от состояния порядка к состоянию беспорядка, а степень упорядоченности может быть измерена технологической энтропией. В теории технологической парадигмы Дж. Доси жизненный цикл технологии определяется на основе энтропии патентных заявок как характеристики состояния макропорядка в рамках соответствующей исследовательской деятельности⁴¹.

Концепция энтропии была первоначально предложена Р. Клаузиусом (1822-1889) и по сути является мерой степени хаоса в системе. Методологическую основу энтропии в XX веке заложили А. Верл⁴², И. Пригожин⁴³ и К. Шеннон⁴⁴. В целом зависимость между изменением энтропии и состоянием системы можно описать следующим образом: если энтропия растет (сокращается), то система является более (менее) неупорядоченной. Энтропию в общем виде можно вычислить по формуле (1.2):

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i, \quad (1.2)$$

где P_i – вероятность возникновения события i .

В XXI веке концепция энтропии получила междисциплинарное развитие и стала широко использоваться, например, при исследовании эволюции развития

⁴⁰ Dosi G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change //Research policy. – 1982. – Т. 11. – №. 3. – С. 147-162.

⁴¹ Lin D. et al. Using technological entropy to identify technology life cycle //Journal of Informetrics. – 2021. – Т. 15. – №. 2. – С. 101137.

⁴² Wehrl A. General properties of entropy //Reviews of Modern Physics. – 1978. – Т. 50. – №. 2. – С. 221.

⁴³ Prigogine I. Time, structure, and fluctuations //Science. – 1978. – Т. 201. – №. 4358. – С. 777-785.

Пригожин И. Время, структура и флуктуации //Успехи физических наук. – 1980. – Т. 131. – №. 6. – С. 185-207.

Пригожин И. От существующего к возникающему. – М.: Наука, 1985. – Т. 328.

⁴⁴ Shannon C. E. A mathematical theory of communication //The Bell system technical journal. – 1948. – Т. 27. – №. 3. – С. 379-423.

Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – Рипол Классик, 1963.

живых организмов и биосистем⁴⁵, эволюции психофизиологии⁴⁶, социальной эволюции⁴⁷, выбросов парниковых газов⁴⁸, валютного обмена⁴⁹, перехода энергосистем⁵⁰ и других отраслей.

Тезис возрастания скорости смены технико-технологических циклов находит отражение в трансформации законов научно-технологического развития, претерпевающих изменения в объективности своих количественных характеристик. Так, закон Мура⁵¹, впервые описанный в 1965 году⁵² и подтверждающий свое право на объективное существование в течение длительного времени, в 2020 году трансформировался в эмпирическую закономерность Хуанга⁵³ (рисунок 1.10).

⁴⁵ Еськов В. М. и др. Проверка теоремы Гленсдорфа-Пригожина по расчету энтропии биосистем //Вестник кибернетики. – 2015. – №. 4. – С. 112-117.

Герасимов И. Г. Принцип Онзагера и функция Ляпунова применительно к описанию энтропии биологических систем в представлении Пригожина //Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – Т. 14. – №. 1.

⁴⁶ Зинченко Ю. П., Еськов В. М., Еськов В. В. Понятие эволюции Гленсдорфа-Пригожина и проблема гомеостатического регулирования в психофизиологии //Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. – 2016. – №. 1.

⁴⁷ Хайтун С. Д. Социальная эволюция, энтропия и рынок //Общественные науки и современность. – 2000. – №. 6. – С. 94-109.

⁴⁸ Remuzgo L., Trueba C., Sarabia J. M. Evolution of the global inequality in greenhouse gases emissions using multidimensional generalized entropy measures //Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2016. – Т. 444. – С. 146-157.

⁴⁹ Stosic D. et al. Foreign exchange rate entropy evolution during financial crises //Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2016. – Т. 449. – С. 233-239.

⁵⁰ Nie Y., Lv T., Gao J. Co-evolution entropy as a new index to explore power system transition: A case study of China's electricity domain //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 165. – С. 951-967.

⁵¹ Эмпирическое наблюдение, изначально сделанное Гордоном Муром, согласно которому количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца.

⁵² Moore G. E. et al. Cramming more components onto integrated circuits. – 1965.

Майоров С. А., Кириллов В. В., Приблуда А. А. Введение в микроЭВМ. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1988. – С. 121.

⁵³ Назилин В. С., Чернова В. С., Степаненко Д. А. Перспективы развития цифрового рынка: закон Хуанга против закона Мура //Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. – 2021. – №. 1. – С. 64-68.

Nazilin V. S., Chernova V. S., Stepanenko D. A. DIGITAL MARKET DEVELOPMENT PROSPECTS: HUANG LAW VS MOORE'S LAW. – 2021.

Мосиенко А.В. Управление цифровой трансформацией промышленных систем в условиях нового этапа научно-технологического развития. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2022.

Our World
in Data

in Data

50,000,000,000



Источник:⁵⁴

Рисунок 1.10 – Трансформация закона Мура⁵⁵ (слева) в эмпирическую закономерность Хуанга (справа)

⁵⁴ Данные компании NVIDIA. Время вычислений на GPU пришло. <https://www.nvidia.com/ru-ru/about-nvidia/ai-computing/>.

Моисенко А.В. Управление цифровой трансформацией промышленных систем в условиях нового этапа научно-технологического развития. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2022.

⁵⁵ Вертикальная ось имеет логарифмическую шкалу, то есть прямая линия соответствует экспоненциальному закону

Скорость возрастания производительности транзисторов увеличилась, и в настоящее время, по мнению Дж. Хуанга, главы компании NVIDIA⁵⁶, заключается в двукратном приросте не каждые 24 месяца, что постулировалось законом Мура, а каждые 12 месяцев, то есть ежегодно.

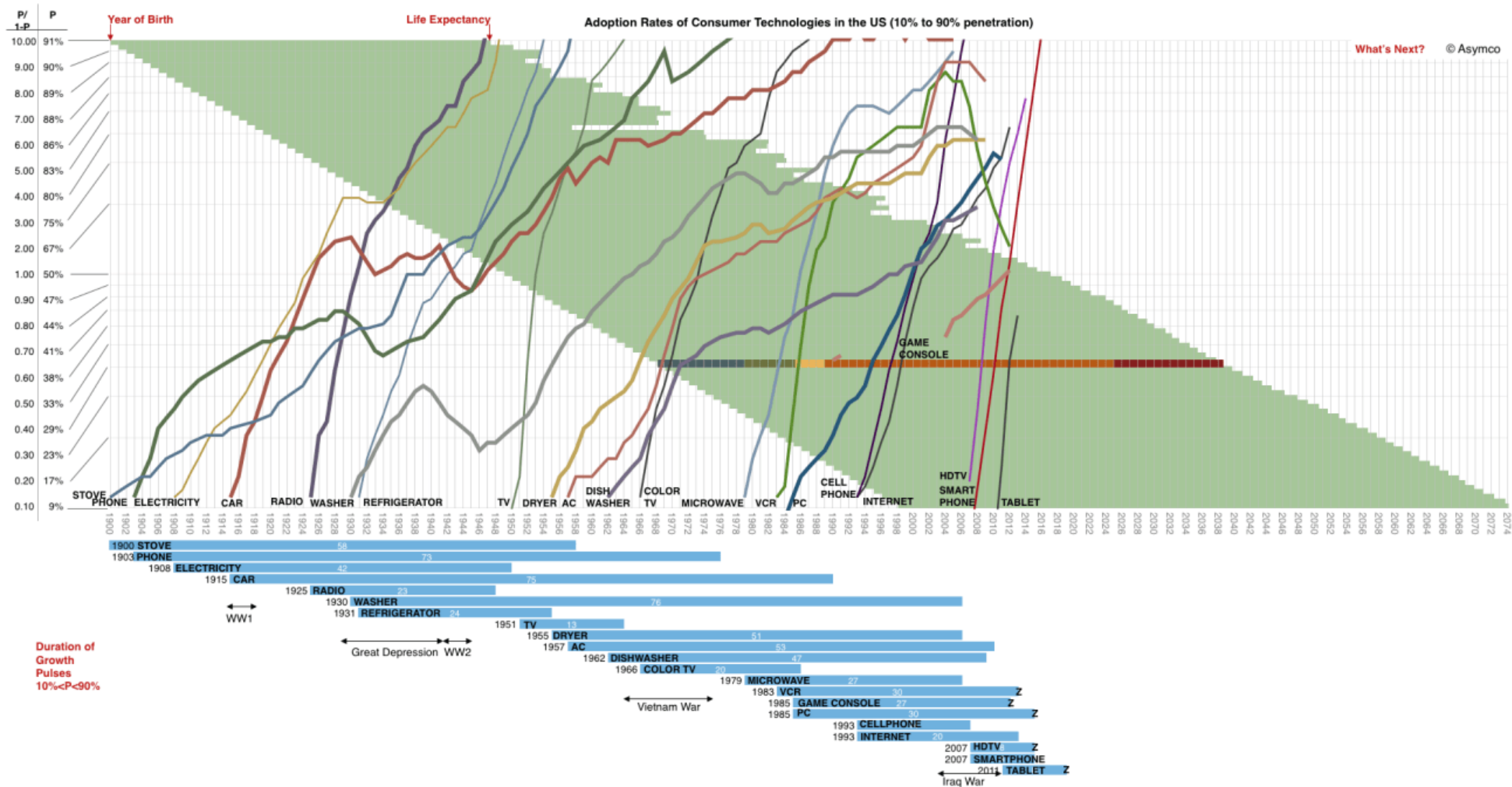
На протяжении 30 лет закон Мура оставался верным, пока производительность микропроцессоров росла на 50 % в год. Но ограничения физики полупроводников означают, что производительность центральных процессоров⁵⁷ теперь растет только на 10 % в год. Вычисления на графических процессорах⁵⁸ NVIDIA позволили индустрии развиваться дальше и обеспечат 1000-кратное ускорение к 2025 году.

Ускорение смены технологических циклов также подтверждается так называемыми J-образными кривыми диффузий технологий, описывающими прорывной экспоненциальный рост проникновения потребительских (рисунок 1.11) и промышленных технологий за последние 110 лет (рисунок 1.12), кривыми социо-экономических (рисунок 1.13) и планетарных трендов (рисунок 1.14).

⁵⁶ NVIDIA – одна из крупнейших современных технологических компаний, разработчик графических процессоров (GPU) и систем на чипе. NVIDIA превратила GPU в настоящий мозговой центр компьютера, открыв путь для многочисленных инноваций на пересечении виртуальной реальности и искусственного интеллекта <https://www.nvidia.com/ru-ru/about-nvidia/ai-computing>.

⁵⁷ CPU – центральный процессор (англ. central processing unit). Основная функция – выполнение цепочки инструкций за максимально короткое время. CPU спроектирован таким образом, чтобы выполнять несколько цепочек одновременно или разбивать один поток инструкций на несколько и, после выполнения их по отдельности, сливать их снова в одну, в правильном порядке. Каждая инструкция в потоке зависит от следующих за ней. Именно поэтому в CPU так мало исполнительных блоков, а весь упор делается на скорость выполнения и уменьшение простоев, что достигается при помощи кэш-памяти и конвейера. *Источник:* В чем разница между CPU и GPU? <https://tproger.ru/articles/cpu-and-gpu/#part2>.

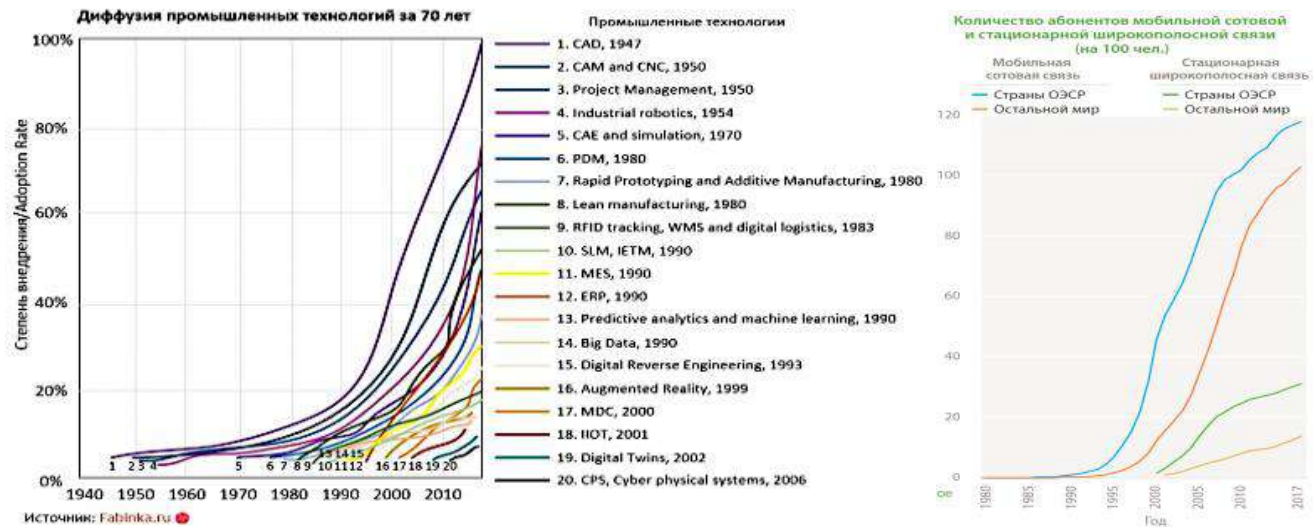
⁵⁸ GPU – графический процессор (англ. graphics processing unit). Основная функция – рендеринг 3D-графики и визуальных эффектов. GPU получает на вход полигоны, а после проведения над ними необходимых математических и логических операций выдаёт координаты пикселей. По сути, работа GPU сводится к оперированию над огромным количеством независимых между собой задач. Поэтому он содержит огромное количество исполнительных блоков – в современных GPU их 2048 и более. *Источник:* В чем разница между CPU и GPU? <https://tproger.ru/articles/cpu-and-gpu/#part2>.



Источник:⁵⁹

Рисунок 1.11 – Экспоненциальный рост степени внедрения потребительских технологий

⁵⁹ Dediu H. Seeing What's Next. ASYMCO. 2013. <http://www.asymco.com/2013/11/18/seeing-whats-next-2/>.



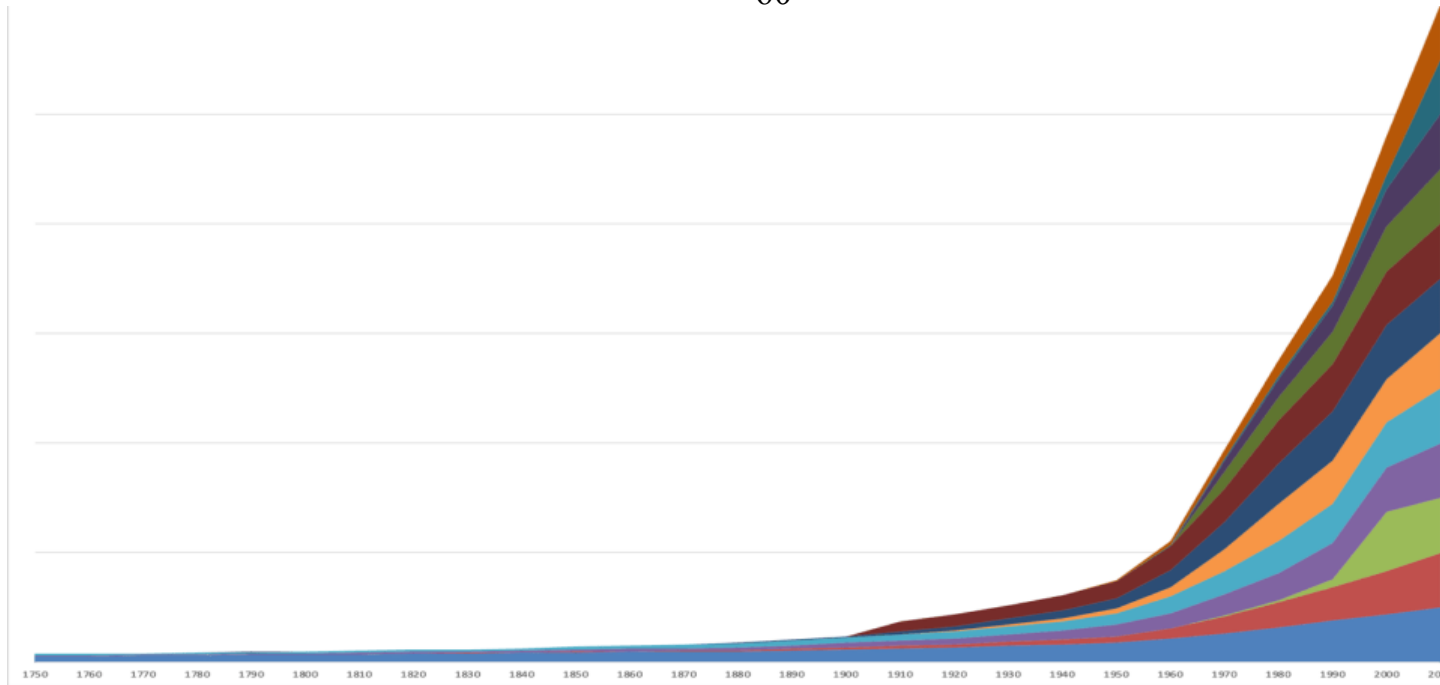
Источники:⁶⁰

Рисунок 1.12 – Экспоненциальный рост степени внедрения технологий и количества абонентов мобильной сотовой и стационарной широкополосной связи (на 100 чел.)⁶¹

⁶⁰ Ускорение диффузии технологий и последствия. <https://smart-lab.ru/blog/387559.php>.

Глобальный доклад об устойчивом развитии 2019. Будущее уже наступило: наука на службе устойчивого развития. ООН. 2019. <https://sustainabledevelopment.un.org/globalsdreport/2019>.

⁶¹ 1. CAD – системы автоматизированного проектирования); 2. CAM – автоматизированная система) и ЧПУ; 3. Управление проектами; 4. Промышленная робототехника; 5. CAE – общее название для программ и программных пакетов, предназначенных для решения различных инженерных задач) и моделирование; 6. PDM – система управления данными об изделии); 7. Быстрое прототипирование и аддитивное производство; 8. Бережливое производство; 9. RFID-отслеживание – радиочастотная идентификация), WMS – система управления складом и цифровая логистика; 10. SLM – управление уровнем обслуживания), IETM – системы создания интерактивного электронного технического руководства; 11. MES – система управления производственными процессами; 12. ERP – системы планирования ресурсов предприятия); 13. Предиктивная аналитика и машинное обучение; 14. Большие данные; 15. Цифровой реверсивный инжиниринг; 16. Дополненная реальность; 17. MDC – цифровой низкоскоростной протокол обмена; 18. IIOT – промышленный интернет вещей); 19. Цифровые двойники; 20. CPS – киберфизические системы



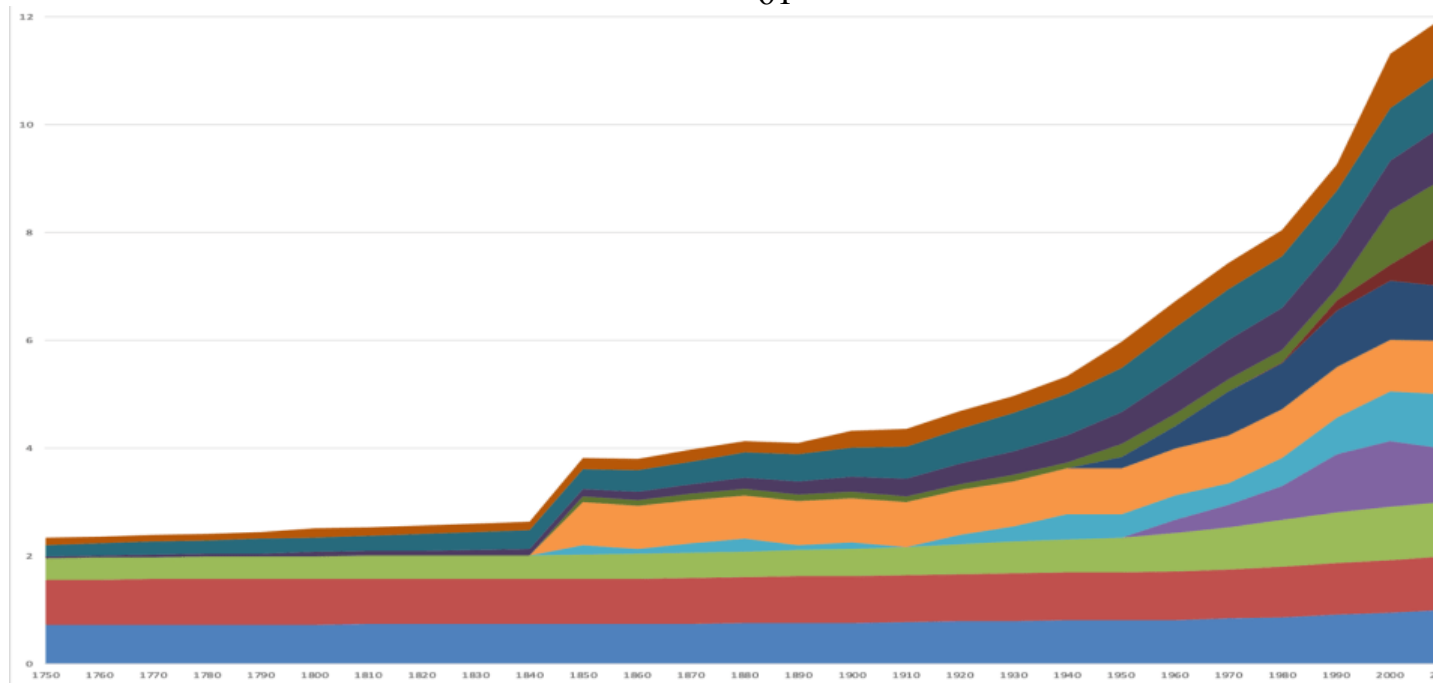
Источник:⁶²

Рисунок 1.13 – Социо-экономические тренды в период с 1750 по 2010 годы⁶³

⁶² Международная программа по геосфере и биосфере www.igbp.net.

Great Acceleration. From Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Acceleration.

⁶³ Социально-экономические тенденции (сверху вниз): Международный туризм: 0→939,9 млн прибытий. Телекоммуникации: 0→6,48 млрд стационарных телефонов и абонентов. Транспорт: 0→1281,35 млн транспортных средств. Бумажное производство: 0→398,77 мегатонн. Использование воды: 0→3,87 1000 км³. Крупные плотины: 0,06→31,63 >15 метров в высоту. Потребление удобрений: 171,46 мегатонн. Использование первичной энергии: 16→533,37 эксаджоулей. Городское население: 0,05→3,5 миллиарда человек. Прямые иностранные инвестиции: 0→1,3 триллиона (долларов США в 2013 году). Реальный ВВП: 0,35→50,15 триллионов (долларов США в 2005 году). Население мира: 0,73→6,9 млрд человек



Источник:⁶⁴

Рисунок 1.14 – Планетарные системные тренды в период с 1750 по 2010 годы⁶⁵

⁶⁴ Международная программа по геосфере и биосфере www.igbp.net.

Great Acceleration. From Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Acceleration.

⁶⁵ Тенденции системы Земли (сверху вниз): Деграция наземной биосферы: 3,53→28,57% снижение среднего обилия видов. Одомашненные земли: 0,08→0,38% от общей площади суши. Потеря тропических лесов: 0,96→27,6% от общего количества по сравнению с 1700 г. Костальный азот: 0→79,7 мегатонн/год. Аквакультура креветок: →3,77 мегатонн. Вылов морской рыбы: →64,14 мегатонн. Окисление океана: →8,21 нмоль кг⁻¹. Температурная аномалия: →0,47 цельсия. Озон: →54,09 % потери. Метан: 705.34→1744.07 PPB. Закись азота: 271.39→322.46 PPB. Диоксид углерода: 276,81→384,27 PPM

Стоит отметить, что скорость и темпы мирового, человеческого и промышленного развития в последнее время ускорились⁶⁶. Настоящий период развития, на взгляд автора, лучше всего описывается как «*период наибольшего ускорения*» (по аналогии с термином «период большого (великого) ускорения» (англ. Great Acceleration), принадлежащим американскому химику У. Стеффену⁶⁷, характеризующим изменения планетарных биологических экосистем начиная с 1950-х годов), причиной чему, в том числе, является и глобальная пандемия 2020-2022 годов.

Энтропией характеризуются и обладают открытые системы⁶⁸, к которым относятся все экономические, в том числе и промышленные, экосистемы.

«Великое ускорение» – это резкий, непрерывный и примерно одновременный скачок темпов роста по широкому спектру показателей человеческой деятельности, что подтверждается формами кривых на рисунках 1.11 – 1.14.

В рамках развития *эпохи антропоцена*⁶⁹ (нового, следующего за голоценом геохронологического уклада, в настоящее время активно рассматриваемого и анализируемого программой развития ООН в отчетах о человеческом развитии в 2020 и 2021-2022 годах) эти показатели характеризуют последствия воздействия человека на природные экосистемы. Некоторые исследователи, например историк экологии Дж. Р. Макнилл, утверждают, что Великое ускорение является идиосинкразическим для нынешней эпохи и должно прекратиться в ближайшем будущем; что оно никогда не происходило раньше и никогда не повторится снова⁷⁰. Другие ученые, к группе которых относится и основатель теории Великого ускорения У. Стеффен, ни подтверждают, ни опровергают данное предположение.

⁶⁶ Дударева О.В. Обеспечение устойчивого роста эффективности предприятия в условиях нестабильной внешней среды / В сборнике: Экономика, организация производства и управление на предприятиях. Материалы Внутривузовской научно-практической конференции. Воронеж, 2007. С. 20-21.

⁶⁷ Steffen W. et al. The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration //The Anthropocene Review. – 2015. – Т. 2. – №. 1. – С. 81-98.

⁶⁸ Majima H., Suzuki A. Identities for entropy change associated with the time-evolution of an open system //Foundations of Physics. – 2015. – Т. 45. – №. 8. – С. 914-922.

⁶⁹ Шешнев А. С. Что такое антропоцен? //Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2017. – Т. 17. – №. 3. – С. 200-206.

⁷⁰ McNeill J. R. The great acceleration. – Harvard University Press, 2016.

С Великим ускорением связаны теории современного мироустройства VUCA и TUNA, а также их более современная и актуальная постпандемийная модификация BANI⁷¹, теория технологической сингулярности, теория ускорения перемен⁷².

Еще в 1985 году У. Беннис и Б. Нанус⁷³ описали этот мир с помощью акронима VUCA (англ.: Volatility, Uncertainty, Complexity и Ambiguity; русс.: волатильный, неопределенный, сложный и неоднозначный)⁷⁴. Аналогичный подход можно найти в термине TUNA (Turbulence – турбулентный, Uncertainty – неопределенный, Novelty – новый, Ambiguity – неоднозначный), используемом в программе управленческого образования в Оксфордском университете⁷⁵. Современное время – это период постнормальности⁷⁶, основывающийся на теории 3С (Complexity – сложность, Chaos – хаос, Contradictions – противоречия).

До недавнего времени казалось, что человечество адаптировалось к VUCA-среде и научилось совладать с неопределенностью и хаосом. Но экспоненциально возрастающая скорость глобальных трансформаций и невозможность реальной оценки действительности особенно в условиях пандемии активизировали многие внешние процессы, и мир оказался в еще более хрупком BANI-состоянии (англ.: Brittle, Anxious, Nonlinear, Incomprehensible; хрупком, тревожном, нелинейном, непонятном) (рисунок 1.15).

⁷¹ Godoy M. F., Ribas Filho D. Facing the BANI World //International Journal of Nutrology. – 2021. – Т. 14. – №. 02. – С. e33-e33.

⁷² Дударева О.В. Развитие организаций и организационные изменения / В сборнике: Теория и методы развития экономики, организации производства и управления в условиях инновационной экономики. материалы внутривузовской научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет" ; редколлегия: О. Г. Туровец ответственный редактор. Воронеж, 2011. С. 12-13.

⁷³ Bennis W., Nanus B. The strategies for taking charge //Leaders, New York: Harper. Row. – 1985. – Т. 41.

⁷⁴ Shkarupeta E. et al. Strategies for Developing Competencies for the VUCA World //3rd International Conference Spatial Development of Territories (SDT 2020). – Atlantis Press, 2021. – С. 362-366.

⁷⁵ Ramirez R., Wilkinson A. Strategic reframing: The Oxford scenario planning approach. – Oxford University Press, 2016.

⁷⁶ Sardar Z. Welcome to postnormal times //Futures. – 2010. – Т. 42. – №. 5. – С. 435-444.



Источник: составлено автором

Рисунок 1.15 – Трансформация VUCA и TUNA-мира в BANI-состояние

Автор акронима BANI, Дж. Касио⁷⁷, подчеркивает хрупкость мира, тревогу или беспокойство, вызванные неизвестным будущим, нелинейной причинностью событий и непостижимой реальностью. Ответ на это состояние – адаптивность, самонаблюдение, самоанализ и гибкость⁷⁸.

Описанная новая нормальность («постнормальность») заставляет кардинально меняться все экономические системы – от глобальных торговых сетей и информации до личных связей; создает предпосылки и обосновывает магистральные направления развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

Сущность трансформационных процессов, происходящих в настоящее время во всех отраслях экономики, в том числе и в промышленности, все чаще описывают терминологией экосистемного подхода. Предпосылками экосистемности являются следующие: уберизация экономики, экономика по запросу, четвертая промышленная революция, ускорение экономической интеграции, стратегия

⁷⁷ Cascio J. Facing the age of chaos. 2020. <https://medium.com/cascio/facing-the-age-ofchaos-b00687b1f51d>.

⁷⁸ Szplit A. Zachowania makro-i mikroadaptacyjne nauczycieli nauczycieli jako reakcja na złożoność sytuacji dydaktycznej //Rocznik Andragogiczny. – 2021. – Т. 28. – С. 59-71.

взаимного выигрыша, вертикально-горизонтально-сетевая интеграция компаний.

1.3 Базис теории экосистем в условиях внедрения цифровых технологий

Всемирный саммит по устойчивому развитию признал экосистемный подход в качестве одного из важных инструментов для усиления устойчивого развития⁷⁹.

Экосистемы зарекомендовали себя как модели с наивысшей производственной эффективностью даже по сравнению с сетями. Например, представители технологического бизнеса Северной Америки все свои успехи объясняют исключительно в терминах экосистемы. Цифровую экономику также стоит рассматривать как экономику экосистем. В ближайшие десять лет следует ожидать конкуренцию экосистем интегрированных между собой цифровых платформ как ИКТ-инфраструктуры, состоящей из набора стабильных компонентов, обеспечивающих основу, на которой участники экосистемы могут разрабатывать взаимодополняющие продукты, технологии или услуги, и имеющей потенциал для создания сетевых эффектов⁸⁰.

По Г.Б. Клейнеру, эволюция экосистем прошла через следующие этапы: социальный институт (закрытое предприятие) $\Rightarrow$ сеть $\Rightarrow$ платформа (предприятие полузакрытого типа) $\Rightarrow$ экосистема (предприятие открытого типа). Другими словами, «экосистема представляет собой закономерное расширение предприятия как институционального понятия и как формы организации реальной экономической деятельности»⁸¹. «Экосистема играет роль естественной оболочки для организации взаимодействия кластеров, платформ, сетей и бизнес-

⁷⁹ 12 принципов экосистемного подхода и их обоснование. Решение конференции сторон UNEP/CBD/COP/7/21. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-07-dec-11-ru.pdf>.

⁸⁰ Глоссарий Европейского открытого научного облака (EOSC). <https://eosc-portal.eu/glossary>.

⁸¹ Клейнер Г. Б. Экономика экосистем: шаг в будущее // Экономическое возрождение России. – 2019. – №. 1 (59). – С. 40-45.

инкубаторов»⁸².

Д. Костень, основатель экономики созидания и одноименного фонда⁸³, рассматривает логику и эволюцию институциональных преобразований при переходе к экосистемам следующим образом: осуществляется переход от модели линейного рынка через промежуточную модель платформенного рынка к модели экосистемного рынка⁸⁴. Ключевой функцией рынка-линейки является целеполагание; рынка-платформы – централизованное управление на основе агрегированного посредника; рынка-экосистемы – децентрализованное управление на основе смарт-контракта и консенсуса. При этом Д. Костень и А. Кашанский экосистему созидания рассматривают как новую модель устойчивого развития⁸⁵.

Экосистемный подход к развитию экономических систем описывается сформированной к настоящему моменту концепцией⁸⁶, систематизирующей основные научные достижения и течения в сфере развития, синергетического взаимодействия и коэволюции экосистем различной этимологии. *Экосистемная концепция* позволяет представить научное понимание проблем и направлений решений в области практической реализации экосистемного развития. Экосистемная концепция включает в себя онтологию, понятийный аппарат, принципы, законы, закономерности, теории, алгоритмы, методы, технологии, рычаги, представляющие собой формальные и неформальные модели, положенные в основу системных традиций исследований по вопросам экосистемного существования и развития.

Термин «экосистема» в своем первоначальном смысле означал

⁸² Клейнер Г. Б. Экономика экосистем: шаг в будущее // Экономическое возрождение России. – 2019. – №. 1 (59). – С. 40-45.

⁸³ Фонд Экономики Созидания. <https://consensus.fund>.

⁸⁴ Костень Д. Г. Смена парадигмы мышления: фундаментальные проблемы криптосферы // Экономический базис развития науки и технологий в России. – 2018. – С. 42-47.

⁸⁵ Костень Д., Кашанский А. Экосистема созидания как новая модель устойчивого развития. https://cfuv.ru/wp-content/uploads/2021/09/КОСТЕНЬ-ДМИТРИЙ_24.09.2021_КФУ-презентация-финальная.pdf.

⁸⁶ Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ КИБЕРСОЦИАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА ИНДУСТРИИ 5.0: ПОНЯТИЕ, СУЩНОСТЬ, МОДЕЛЬ // Экономическое возрождение России. 2021. № 4 (70). С. 39-62.

«функциональное единство живых организмов и среды их обитания»⁸⁷. Истоки возможности расширения границ применения термина «экосистема» лежат в кросс-функциональности и конвергентности биологии и экономики⁸⁸, которые позволили сформулировать принципы новой науки, биномики⁸⁹, рассматривающей экономику как экосистему. В настоящее время под экосистемой понимается сложная эволюционирующая когерентная мультиакторная сеть субъектов, не управляемых иерархически, действующих одновременно в логике автономности и взаимосвязанности, отличающихся своими убеждениями и принципами принятия стратегических решений, целью которых является создание на основе ценностного подхода и самоорганизации совокупности продуктов и услуг⁹⁰.

Автор выделил ряд основных определений экосистемы (рисунки 1.16-1.17).

⁸⁷ Tansley A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms //Ecology. – 1935. – Т. 16. – №. 3. – С. 284-307.

⁸⁸ О необходимости конкуренции в инноваторстве писал стоявший у истоков теории эволюции видов Ч. Дарвин: «Те общества, которые содержат наибольшее количество сочувствующих друг другу членов, будут наиболее процветать, и оставлять наибольшее количество потомства».

«Меккой экономиста является скорее экономическая биология, нежели экономическая механика». Цит. по: Маршалл А. Принципы политической экономии. М.: Прогресс, 1993. Т. 1. 415 с.

⁸⁹ М. Ротшильд применил биологические модели и методы к экономике, сформулировав принципы новой науки, названной им «биномика». Rothschild M. Bionomics. Economy as Ecosystem. NY.: Henry Holt and Company Inc., 1990. 423 p.

⁹⁰ Клейнер Г. Б. Экономика экосистем: шаг в будущее //Экономическое возрождение России. – 2019. – №. 1 (59). – С. 40-45.

Карпинская В. А. Экосистема как единица экономического анализа //Системные проблемы отечественной мезоэкономики, микроэкономики, экономики предприятий: материалы Второй конференции Отделения моделирования производственных объектов и комплексов ЦЭМИ РАН (Москва, 12 января 2018 г.). – 2018. – №. 2. – С. 125.

Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ // Экономика и управление. 2021. Т. 27. № 10 (192). С. 751-765.

Источник	Определение
J.F. Moore	Экосистема описывает микроэкономику интенсивной коэволюции, объединяющейся вокруг инновационных идей. Бизнес-экосистемы охватывают различные отрасли. Компании, входящие в них, коэволюционируют возможности вокруг инноваций и работают совместно и конкурентно, чтобы поддерживать новые продукты, удовлетворять потребности клиентов и внедрять следующий раунд инноваций
Г.Б. Клейнер	Экосистема – это локализованный в пространстве 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 длительно и самостоятельно функционировать за счет кругооборота указанных благ и систем
E. Autio, L.D.W. Thomas	Экосистема определяется как сеть взаимосвязанных организаций, связанных с фокальной фирмой, или платформой, включающей и производителя, и сторонних участников, создающей и присваивающей новую ценность благодаря инновациям
M. Jacobides, C. Cennamo, A. Gawer	Экосистема представляет собой совокупность акторов с различной степенью многосторонней, необщей взаимодополняемости, которые не в полной мере контролируются иерархией
Е.В. Шкарупета	Система взаимодействующих, обменивающихся ресурсами и трансформирующих одни их виды в другие субъектов

Источники: ⁹¹

Рисунок 1.16 – Наиболее значимые определения понятия «экосистема» у различных ученых и исследователей

⁹¹ Moore J. F. The death of competition: leadership and strategy in the age of business ecosystems. – HarperCollins, 2016.

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.

Autio E., Thomas L.D.W. Innovation ecosystems: implications for innovation management. In the Oxford Handbook of Innovation Management, Dodgson M., Gann D.M., Phillips N. (eds). Oxford University Press: Oxford, UK, 2014.

Jacobides M., Cennamo C., Gawer A. Towards a Theory of Ecosystems. Strategic Management Journal. 2018. Vol.39, Issue 8, pp. 2255–2276.

Шкарупета Е.В. ГЕНЕЗИС И ЭВОЛЮЦИЯ РАЗВИТИЯ БИЗНЕС-ЭКОСИСТЕМ / В сборнике: Кластеризация цифровой экономики: Глобальные вызовы. Сборник трудов национальной научно-практической конференции с зарубежным участием. В 2-х томах. Под редакцией Д.Г. Родионова, А.В. Бабкина. 2020. С. 623-628.

Источник	Определение
Системы распределенного реестра. Дорожная карта	Экосистема – экономическое сообщество, которое состоит из совокупности взаимосвязанных организаций и физических лиц. Экономическое сообщество производит товары и услуги, ценные для потребителя, которые также являются частью экосистемы
Модель повышения инновационной открытости крупных компаний	Экосистема инноваций – это участники и ресурсы, необходимые для ведения инновационной деятельности Экосистема организации – множество заинтересованных сторон и контекстных элементов (технологий, нормативных актов и т.д.), которые находятся во взаимодействии с организацией и/или могут оказывать влияние на ее стратегию
Стратегия развития отрасли венчурного инвестирования в РФ	Экосистема инновационно-технологического предпринимательства – благоприятная поддерживающая самоорганизующаяся среда, предоставляющая ресурсы, необходимые для создания и роста инновационно-технологических компаний, а также отличающаяся отлаженными, гармоничными отношениями между участниками

Источники: ⁹²

Рисунок 1.17 – Некоторые определения понятия «экосистема» в значимых программных документах

Методологическая модель экосистемы представлена на рисунке 1.18.

⁹² Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Системы распределенного реестра». Москва, 2019.

Модель повышения инновационной открытости крупных компаний. 2019.

Стратегия развития отрасли венчурного инвестирования в Российской Федерации (Открытый проект для обсуждения и доработки при участии профессиональных участников рынка венчурного инвестирования). Москва, 2015.



Источник: составлено по материалам⁹³

Рисунок 1.18 – Методологическая модель экосистемы

Как видно из рисунка 1.18, методологическая модель экосистемы включает в себя четыре составляющие (компонента): объектную, бизнес-процессную, средовую и инновационную. На взгляд Б.Г. Клейнера⁹⁴, экосистема включает организационно-структурную, инфраструктурную, бизнес-процессную и инновационную составляющие. Е.В. Попов и др.⁹⁵ считают, что экосистема имеет объектную (организационную), бизнес-процессную и средовую составляющие.

На основе проведенного анализа научных трудов⁹⁶ возможно выделить *магистральные направления исследований экосистемной сущности* (рисунок 1.19).

⁹³ Попова О.А. Управление развитием инновационной экосистемы на основе платформенной концепции. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2021.

Клейнер Г. Б. Экономика экосистем: шаг в будущее //Экономическое возрождение России. – 2019. – №. 1 (59). – С. 40-45.

⁹⁴ Клейнер Г. Б. Экономика экосистем: шаг в будущее //Экономическое возрождение России. – 2019. – №. 1 (59). – С. 40-45.

⁹⁵ 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.

⁹⁶ Pilinkienė V., Mačiulis P. Comparison of different ecosystem analogies: The main economic determinants and levels of impact //Procedia-social and behavioral sciences. – 2014. – Т. 156. – С. 365-370.

Tsujimoto M. et al. A review of the ecosystem concept—Towards coherent ecosystem design //Technological Forecasting and Social Change. – 2018. – Т. 136. – С. 49-58.

Промышленные экосистемы

- Эко-платформы, в которых управление ресурсами и бизнес-процессы стремятся к более экологичным, естественным для человека и окружающей среде формам
- Совокупность взаимодействующих экономических субъектов, не управляющихся иерархически и адаптирующихся друг к другу на основе профессиональных коммуникационных площадок, созданных промышленным архитектором
- Локализованные социально-экономические формации, обеспечивающие устойчивое развитие посредством циркуляции ресурсов в целевой, экологической, технологической и проектной подсистемах
- Набор компонентов, созданных владельцем продуктовой платформы, и инноваций, разрабатываемых независимыми акторами вне платформы

Инновационные экосистемы

- Механизмы сотрудничества, с помощью которых фирмы объединяют свои индивидуальные предложения в некоторое связанное и ориентированное на клиента
- Совокупность взаимоотношений всех элементов сферы инновационной деятельности, характеризующих восприимчивость государства и общества к инновациям, определяющих эффективность процесса создания и использования инноваций
- Набор системно взаимосвязанных игроков, обеспечивающих полный инновационный цикл, и включающий в себя всех акторов, агентов и сервисы, которые необходимы для производства инноваций

Бизнес-экосистемы

- Свободные сети поставщиков, дистрибьюторов, аутсорсинговых фирм, производителей сопутствующих товаров или услуг, технологий, провайдеров и множества других организаций, которые влияют на компанию и находятся под ее влиянием путем создания и доставки собственных предложений
- Сообщество организаций, учреждений и лиц, оказывающих влияние на предприятие, его клиентов и поставки
- Взаимозависимые действия, совершаемые фирмой, клиентами, компаниями, создающими дополнительные продукты, и поставщиками
- Группа компаний (и других объектов, в том числе, возможно, индивидов), которые взаимодействуют и вступают в отношения взаимозависимости, поскольку такая группа помогает производить товары, технологии и услуги, в которых нуждаются клиенты

Цифровые экосистемы

- Система, в которой осуществляется взаимодействие людей и организаций, в целях продвижения цифровых технологий
- Состоит не только в создании новых цифровых сервисов и обеспечении мультимедийного доступа к ним, но и в создании на основе единой платформы с другими компаниями совместных продуктов и сервисов, которые несут дополнительную ценность для клиента
- Экосистема цифровой экономики РФ, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности и в которой обеспечено эффективное взаимодействие, включая трансграничное, бизнеса, научно-образовательного сообщества, государства и граждан
- Экосистема цифровой Экономики России – все те сегменты рынка, где добавленная стоимость создается с помощью цифровых (информационных) технологий

Предпринимательские экосистемы

- Благоприятная поддерживающая самоорганизующаяся среда, предоставляющая ресурсы, необходимые для создания и роста инновационно-технологических компаний, а также отличающаяся отлаженными, гармоничными отношениями между участниками

Технологические экосистемы и платформы

- Система взаимосвязанных технологий и взаимозависимых технологических достижений, влияющих на эволюцию
- Платформа продуктов, определенная основными компонентами, созданными владельцем платформы, и дополнениями, созданными автономными компаниями на периферии
- Платформенная экосистема рассматривается как сеть инноваций для производства дополнений, повышающих ценность платформы
- Платформенная экосистема исследуется как группа платформы и модулей, специфичных для данной платформы.
- Мобильная экосистема как крупная и сложная сеть компаний, взаимодействующих друг с другом прямо или косвенно, для предоставления широкого спектра мобильных продуктов и услуг конечным пользователям
- Совокупность отраслевых технологий и их дополнений, производимых различными предприятиями

Источник: составлено автором

Рисунок 1.19 – Магистральные направления классификация экосистем

Рассмотрим каждое направление исследований экосистем подробнее:

– исследование экосистем с позиции промышленной экологии. Эта концепция приобрела популярность после публикации в 1989 году исследования Р.А. Фроша и Н.Е. Галлопулоса⁹⁷, в котором была выдвинута идея о перспективности новых методов промышленного производства, оказывающих минимальное воздействие на окружающую среду. Данная идея легла в основу новой организационной единицы – «промышленной экосистемы». Современные промышленные экосистемы рассматриваются как «локализованные социально-экономические формации, обеспечивающие устойчивое развитие посредством циркуляции ресурсов в целевой, экологической, технологической и проектной подсистемах»⁹⁸;

– исследование *социоэкосистем*⁹⁹ (socio-ecosystems, SES) в рамках концептуального направления социобиологии¹⁰⁰. Рамки SES очерчиваются четырьмя компонентами первого уровня: ресурсными системами, ресурсными единицами, государственными системами и акторами¹⁰¹ SES¹⁰². Модель может быть дополнена экологическими правилами, определяющими условия функционирования ресурсных систем и ресурсных единиц¹⁰³, а также включением

⁹⁷ Frosch R. A., Gallopoulos N. E. Strategies for manufacturing //Scientific American. – 1989. – Т. 261. – №. 3. – С. 144-153.

⁹⁸ Клейнер Г. Б. Промышленные экосистемы: взгляд в будущее //Экономическое возрождение России. – 2018. – №. 2 (56). – С. 53-62.

⁹⁹ Клейнер Г. Б. Социально-экономические экосистемы в свете системной парадигмы //Системный анализ в экономике—2018: Сб. трудов V Международной научно-практической конференции—биеннале (21—23 ноября 2018 г.). М.: Прометей. – 2018. – С. 5-14.

¹⁰⁰ Карпинская Р. С., Никольский С. А. Социобиология: критический анализ. – Издательство Мысль, 1988. Ostrom E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems //Science. – 2009. – Т. 325. – №. 5939. – С. 419-422.

McGinnis M. D., Ostrom E. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges //Ecology and society. – 2014. – Т. 19. – №. 2.

¹⁰¹ Здесь и далее под *актором* понимается лицо или организация, выполняющие одну или несколько ролей в экосистеме. Например, организация, участвующая в промышленной экосистеме как поставщик услуг и как пользователь.

¹⁰² Monroy-Sais S. et al. Ecological variability and rule-making processes for forest management institutions: a social-ecological case study in the Jalisco coast, Mexico //International Journal of the Commons. – 2016. – Т. 10. – №. 2.

¹⁰³ Epstein G. et al. Missing ecology: integrating ecological perspectives with the social-ecological system framework //International journal of the Commons. – 2013. – Т. 7. – №. 2.

в социум, подверженный влиянию ситуативных действий и решений¹⁰⁴;

– выделение *инновационных экосистем* как механизмов сотрудничества, с помощью которых фирмы объединяют свои индивидуальные предложения в некоторое связанное и ориентированное на клиента¹⁰⁵;

– исследование *бизнес-экосистем* – «свободных сетей поставщиков, дистрибьюторов, аутсорсинговых фирм, производителей сопутствующих товаров или услуг, технологий, провайдеров и множества других организаций, которые влияют на компанию и находятся под ее влиянием путем создания и доставки собственных предложений»¹⁰⁶;

– исследование *цифровых экосистем*, задача которых «состоит не только в создании новых цифровых сервисов и обеспечении мультиканального доступа к ним, но и в создании на основе единой платформы с другими компаниями совместных продуктов и сервисов, которые несут дополнительную ценность для клиента»¹⁰⁷;

– рассмотрение *технологических экосистем* – «систем взаимосвязанных технологий и взаимозависимых технологических достижений, влияющих на

¹⁰⁴ McGinnis M. D., Ostrom E. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges //Ecology and society. – 2014. – Т. 19. – №. 2.

¹⁰⁵ Adner R. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem //Harvard business review. – 2006. – Т. 84. – №. 4. – С. 98.

Yawson R. M. The ecological system of innovation: A new architectural framework for a functional evidence-based platform for science and innovation policy //The Future of Innovation Proceedings of the XXIV ISPIM 2009 Conference, Vienna, Austria. – 2009.

Dudareva O., Ivashina T.B., Ageeva O.Yu., Mikhailov I. EFFICIENCY OF USE OF INNOVATIONS IN AGRICULTURE / В сборнике: Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020). 2020. С. 366-369.

Аузан А.А. и др. (ред.). Инновационное развитие экономики России: междисциплинарное взаимодействие. Сборник статей по материалам Седьмой международной научной конференции. – Litres, 2021.

¹⁰⁶ Moore J. F. Predators and prey: a new ecology of competition //Harvard business review. – 1993. – Т. 71. – №. 3. – С. 75-86.

Moore J. F. The death of competition: Leadership and strategy in the age of business ecosystem //NY: HarperCollins. – 1996.

Iansiti M., Levien R. Keystones and dominators: Framing the operational dynamics of business ecosystems //Boston, Estados Unidos. – 2002.

¹⁰⁷ Nachira F. Towards a network of digital business ecosystems fostering the local development. – 2002.

эволюцию»¹⁰⁸. Понятие *технологически зависимой встроенности*, которая отражается на вовлеченных акторах, имеет особое значение для промышленных экосистем;

– рассмотрение экосистем как *сложных эволюционирующих многоагентных систем*, действующих одновременно в логике автономности и взаимосвязанности¹⁰⁹;

– исследование *предпринимательских экосистем* – «благоприятной поддерживающей самоорганизующейся среды, предоставляющей ресурсы, необходимые для создания и роста инновационно-технологических компаний, а также отличающейся отлаженными, гармоничными отношениями между участниками»¹¹⁰.

Паттерн (схема-образ) теории экосистем представлен на рисунке 1.20.

Значимым аспектом в экосистемной теории является *коэволюция* возможностей и способностей участников экосистемы в создании ценности, а также пути поиска сотрудничества с фирмами, как правило, выступавшими ранее в качестве конкурентов в рамках отрасли с целью восполнения недостатка дефицитных для экосистемы (или ее подсистем) пространственно-временных и энергетических ресурсов.

¹⁰⁸ Adomavicius G. et al. Understanding patterns of technology evolution: An ecosystem perspective //Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06). – IEEE, 2006. – Т. 8. – С. 189a-189a.

¹⁰⁹ Klijn E. H., Teisman G. R. Effective policy making in a multi-actor setting: networks and steering //Autopoiesis and configuration theory: New approaches to societal steering. – Springer, Dordrecht, 1991. – С. 99-111.
De Bruijn J. A., de Bruijn H., ten Heuvelhof E. Management in networks: on multi-actor decision making. – Routledge, 2008.

¹¹⁰ Isenberg D. J. How to start an entrepreneurial revolution //Harvard business review. – 2010. – Т. 88. – №. 6. – С. 40-50.



Источник: адаптировано по материалам¹¹¹

Рисунок 1.20 – Паттерн теории экосистем

Экосистемный подход требует такой логики построения бизнес-процессов, когда каждый участник экосистемы должен думать в терминах всей экосистемы и выгод ее участников, понимать свою роль в сложной системе и оценивать долгосрочные последствия своих действий.

Ключевые направления перспективного развития экосистем в зависимости от их вида представлены в таблице 1.4.

¹¹¹ Tsujimoto M. et al. A review of the ecosystem concept—Towards coherent ecosystem design //Technological Forecasting and Social Change. – 2018. – Т. 136. – С. 49-58.

Таблица 1.4 – Ключевые направления перспективного развития экосистем в зависимости от их вида

Ключевые направления	Промышленная экология	Инновационные экосистемы	Бизнес-экосистемы	Цифровые платформы	Технологические экосистемы	Мультиакторная сеть	Предпринимательские экосистемы
Основополагающая теория	Промышленные экосистемы	Инновационное развитие	Организационные границы Концепция четырех границ	Лидерство, основанное на платформизации Двусторонний рынок	Цифровая трансформация Цифровизация	Неравновесный и нелинейный анализ явлений	Интрапренерство Антрепренерство Предпринимательство
Ключевые концепции	Оптимизация Устойчивость Рециркуляция Симбиоз Мутуализация (мутуализм)	Воронка инноваций Открытые инновации Дизайн-мышление	Комплементарность Формирование ниш	Баланс «открытость – закрытость» Баланс «устойчивость – способность к развитию» Иерархия, уровневая структура	NBIC-конвергенция CCEIC-конвергенция Передовые промышленные технологии Industrie 4.0	Вовлеченность Упругость Эволюционность	Венчурные инвестиции Открытые инновации Стартапы

Ключевые направлени я	Промышленна я экология	Инновационные экосистемы	Бизнес- экосистем ы	Цифровые платформы	Технологически е экосистемы	Мультиакторная сеть	Предпринимательски е экосистемы
Акторы	Частные фирмы (фабрики) как производители Потребители	Предпринимател и Крупные и малые предприятия Учебные заведения Научно- исследовательски е институты и лаборатории Фирмы венчурного капитала Финансовые рынки Государственные институты	Частные фирмы	Частные фирмы Частные разработчик и Конечные пользовател и	Частные фирмы Частные разработчики Конечные пользователи	Предпринимател и и частные инвесторы Внешние новаторы Пользователи и их сообщества Государство Консорциумы	Финансовый капитал Учебные заведения Культура Меры поддержки Человеческий капитал Рынки Государственные учреждения Неправительственны е учреждения Предприниматели Крупные и малые предприятия

Ключевые направлен ия	Промышленн ая экология	Инновационные экосистемы	Бизнес- экосистемы	Цифровые платформы	Технологическ ие экосистемы	Мультиакторна я сеть	Предпринимательск ие экосистемы
Обменные ресурсы между акторами	Материалы Энергия Финансы	Знания Интеллектуальн ая собственность Финансы	Финансы Дополнительн ые товары и услуги Контракты Власть	Технологическ ие знания Контракты Финансы	Технологическ ие знания Контракты Финансы	Власть Регулирование Исторические взаимоотношен ия Финансы Контракты Знания	Знания Финансы Дополнительные товары и услуги Контракты Власть

Источник: составлено по материалам¹¹²

¹¹² Pilinkienė V., Mačiulis P. Comparison of different ecosystem analogies: The main economic determinants and levels of impact //Procedia-social and behavioral sciences. – 2014. – Т. 156. – С. 365-370.

В теории экосистем широко применяется *ценностный подход*¹¹³, в рамках которого акторы экосистемы заинтересованы не в простом извлечении прибыли, а в создании «общественно-значимых, полезных и безопасных ценностей»¹¹⁴; потребители экосистемных продуктов стремятся не просто приобрести товар или услугу, а удовлетворить свою потребность.

Отличительная особенность современного этапа развития экосистем состоит в огромной роли цифровых технологий, на основе которых формируются цифровые платформы¹¹⁵ и цифровые экосистемы.

Цифровые технологии влияют на определенные экономические взаимодействия, изменяя комбинации факторов (трудоемкие против капиталоемких), увеличение факторов (производительность труда)¹¹⁶, снижение информационных барьеров, усиление конкуренции, снижение транзакционных издержек из-за информационной асимметрии и расширения торговли.

Большинство экосистем, в том числе и промышленные экосистемы, активно развиваются благодаря повсеместной цифровизации. Российские промышленные экосистемы для обеспечения достижения зрелости¹¹⁷ и в целях цифровой трансформации должны до 2030 года реализовать пять ключевых экосистемных проектов по следующим укрупненным направлениям¹¹⁸: инновации в организации производства; технологические инновации; продуктовые инновации; инновации в

¹¹³ Менгер К., Бем-Баверк Е., Визер Ф. Австрийская школа в политической экономии // М.: Экономика. – 1992. – Т. 6.

¹¹⁴ Прокопцов В. Е., Трефилова И. Н. Эволюция цепочек и создание сетей ценности // Инновационная наука. – 2015. – №. 12-1. – С. 291-295.

¹¹⁵ Баранов И.Н., Баснер А.В., Гривен М. и др. Как бизнес пришел к экосистемам. Виртуальная школа Сбербанка. URL: <https://cs.sberbank-school.ru/storage/85/5f/c35a-6cea-11ea-a7dd-005056011b68/e6dzdrJhhbb2bsc8OOMx3w1INEZtywPhNF100sRF/>.

¹¹⁶ Дударева О.В. Факторы устойчивого роста эффективности промышленных предприятий // Организатор производства. 2007. № 4. С. 12-15.

¹¹⁷ Шкарупета Е.В., Дударева О.В. Методика оценки уровня цифровой зрелости экономической системы // ФЭС: Финансы. Экономика. 2021. Т. 18. № 4. С. 55-59.

Шкарупета Е.В., Дударева О.В. Методика оценки уровня цифровой зрелости экономической системы / Proceedings of the II International conference Digital economy: modern challenges and real opportunities. Baku: UNEC, Publishing house «UNEC». 2022. С. 441-444.

¹¹⁸ Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года, 2021.

Шкарупета Е.В., Дударева О.В. Проектное инновационное консультирование: учебное пособие. Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2021, – 126 с.

сфере кадров; инновации в государственном управлении. Кроме того, промышленные экосистемы, используя проектный принцип управления, должны создавать межотраслевую экосистемную кооперацию предприятий, превратив их в эффективные, технологичные производства.

Выводы по главе 1

В результате исследования теоретических предпосылок развития экосистем в условиях технологических трансформаций проведен анализ эволюции, глобальных тенденций и современных направлений мирового, человеческого и промышленного развития с 1990 по 2022 годы:

- на основе качественного анализа эволюции направлений развития выделены три *эволюционных направления*, являющиеся долгожителями в мировом, человеческом и промышленном развитии: вопросы изменения климата и состояние окружающей среды; проблемы устойчивого развития и ESG-повестка, цифровизация или цифровое развитие;

- на основе семантического анализа определено *семантическое ядро* глобальной повестки мирового, человеческого и промышленного развития с 1990 по 2022 годы, включающее 85 слов;

- на основе методики наукометрического анализа, включающей пять этапов, с помощью средств исследовательской аналитики Elsevier Research Intelligence проведено исследование 3991 документа Scopus за 1919-2021 годы, включающих одновременно четыре ключевых слова «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)». В результаты выявлен экспоненциальный *рост* количества документов, начиная с 2000-х годов; топ-10 *стран* (США, Китай, Великобритания и т.д.); топ-10 *организаций* (Китайская академия наук, ВОЗ, Университет Цинхуа и и.д.); топ-10 *авторов* (Ф. Пега, Й. Удзита, Н. Леппинк и т.д.) с наибольшим количеством документов;

– на основе кластерного анализа с помощью программного инструмента VOSviewer была проведена сетевая визуализация 360 документов Scopus с ключевыми словами «мировое (world)», «человеческое (human)», «промышленное (industrial)», «развитие (development)» за 2021 год. В результате создания наукометрических сетей были сформированы *пять кластеров*: (1) кластер человеческого развития и человекоцентричных ценностей; (2) кластер устойчивого развития; (3) кластер Индустрии 4.0 и технологических трансформаций; (4) кластер постпандемийных последствий и влияния пандемии на экономику и промышленность; (5) кластер мирового развития и оздоровления организаций.

В результате на основе качественного и количественного анализа доказана актуальность темы настоящего исследования. Сделан вывод, что в настоящее время мировое, человеческое и промышленное развитие реализуется под главенством многообразных человекоцентрических ценностей на основе постулатов достижения целей устойчивого и цифрового развития. При этом исключительно важным фактором устойчивости определен промышленный потенциал.

В результате исследования предпосылок и оснований развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций на основе концепции научного развития Т. Куна (1962 год), теории технологической парадигмы Дж. Доси (1982 год), концепции энтропии (IXX-XX век) постулировано возрастание скорости смены технико-технологических циклов и трансформация количественных характеристик законов научно-технологического развития, что подтверждается J-образными кривыми диффузий промышленных и потребительских технологий, кривыми социо-экономических и планетарных трендов. Настоящий период развития определен как *«период наибольшего ускорения»* в рамках развития *эпохи антропоцена*. С Великим ускорением в исследовании связаны теории современного мироустройства VUCA и TUNA, а также их более современная и актуальная постпандемийная модификация BANİ.

В результате формирования базиса теории экосистем в условиях внедрения цифровых технологий экосистемный подход признан в качестве одного из важных инструментов для усиления устойчивого развития, а экосистемы рассмотрены как модели с наивысшей производственной эффективностью даже по сравнению с сетями. Представлена *эволюция* экосистем через следующие этапы: социальный институт (закрытое предприятие) $\Rightarrow$ сеть $\Rightarrow$ платформа (предприятие полужакрытого типа) $\Rightarrow$ экосистема (предприятие открытого типа). Выделены основные *определения* экосистемы, четыре *составляющие* экосистемы (объектная, бизнес-процессная, средовая и инновационная). В качестве *магистральных направлений* исследований экосистемной сущности определены промышленная экология, инновационные экосистемы, бизнес-экосистемы, технологические экосистемы, мультиакторные сети и предпринимательские экосистемы. Сделан вывод, что *отличительной особенностью* современного этапа развития экосистем является значимая роль цифровых технологий, на основе которых формируются цифровые платформы и цифровые экосистемы.

Глава 2. КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

2.1 Особенности устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций

Концепция устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций представляет собой определенный набор теорий или моделей мышления, включая методы исследования, постулаты и стандарты, определяющие, что является законным вкладом в область устойчивого развития промышленных экосистем. Философ и историк науки Т. Кун в 1962 году предложил следующее определение: «Научная парадигма – есть общепризнанные научные достижения, которые на некоторое время обеспечивают модельные проблемы и решения для сообщества практиков»¹¹⁹. Понятие парадигмы подразумевает, что некоторые принятые примеры реальной научной практики – законы, теории, инструментарий – являются моделями, на основе которых возникают определенные последовательные традиции научных исследований¹²⁰. Научные традиции формируются на протяжении как минимум двух поколений исследователей¹²¹. В контексте данного исследования будем придерживаться научных взглядов Т. Куна и считать, что парадигма есть набор концепций. Другими словами, возможно говорить о *конвергентной коэволюционирующей концепции*.

Среди фундаментальных концепций, оказывающих первостепенное влияние на процессы развития экономических систем на современном этапе, в настоящем

¹¹⁹ Thomas K. The structure of scientific revolutions //International Encyclopedia of Unified Science. – 1962. – Т. 2. – №. 2.

Кун Т. Структура научных революций. – Рипол Классик, 1975.

¹²⁰ Глоссарий Европейского открытого научного облака (EOSC). <https://eosc-portal.eu/glossary>.

¹²¹ Розов Н. С. Философия и теория истории. Книга первая. Прологомены //Логос. – 2002. <https://nsu.ru/filf/rozov/publ/fti/sod.htm>.

исследовании выделены:

- конвергенция (сближение) и глокализация¹²² (наличие разнонаправленных тенденций) концепций устойчивого развития, всеобщего устойчивого промышленного развития (ВУПР) и цифрового развития;
- концепция экосистемного подхода с основным акцентом на формирование и развитие промышленных экосистем;
- концепции четвертой (Индустрия 4.0) и пятой (Индустрия 5.0) промышленных революций, порождающие технологические трансформации.

Остановимся на основных моментах вышеперечисленных концепций подробнее.

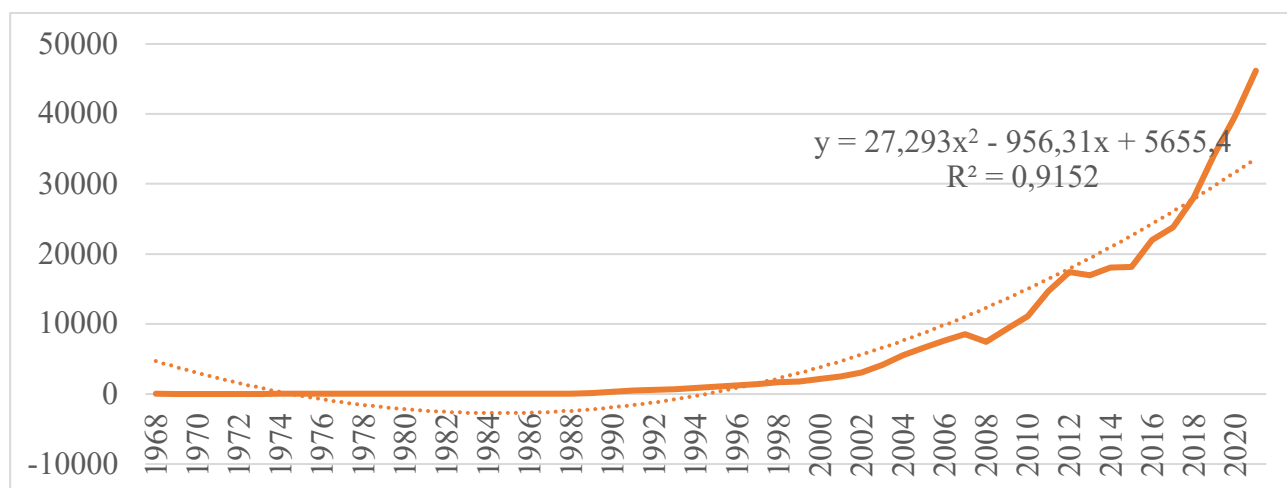
Парадигма устойчивого развития и концепция всеобщего устойчивого промышленного развития

Парадигма устойчивого развития прошла различные этапы развития с момента своего появления. За период с 1968 по 2022 годы опубликовано значительное количество статей по проблемам устойчивого развития (рисунок 2.1).

¹²² Arakcheev D., Dudareva O., Shkarupeta E. Sustainable development of industrial ecosystems. Proceedings of the II International conference Digital economy: modern challenges and real opportunities. Baku: UNEC, Publishing house «UNEC». 2022. С. 400-403.

Дударева О.В., Шкарупета Е.В. Инструментарий когнитивной цифровой трансформации / Proceedings of the II International conference Digital economy: modern challenges and real opportunities. Baku: UNEC, Publishing house «UNEC». 2022. С. 420-423.

Мосиенко А.В. Управление цифровой трансформацией промышленных систем в условиях нового этапа научно-технологического развития. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2022.



Источник: по данным Scopus на 03.02.2022

Рисунок 2.1 – Распределение 357873-х документов Scopus с ключевыми словами «устойчивое (sustainable)» + «развитие (development)» по годам

Разные исследователи выделяют различные этапы эволюции концепции устойчивого развития. Например, Т. Кларин¹²³ выделяет три таких этапа. На взгляд автора, хронологию Т. Кларина 2018 года необходимо актуализировать и выделить пять этапов развития парадигмы устойчивого развития:

Первый этап – вводный и самый ранний, предвещающий появление концепции устойчивого развития, – охватывает период от возникновения первых экономических теорий¹²⁴, в которых уже нашли отражение вопросы негативного влияния экономического развития на экологию и окружающую среду, до создания Римского клуба¹²⁵ в 1968 году¹²⁶. В это же время, в 1968 году, появляется первая

¹²³ Klarin T. The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues //Zagreb International Review of Economics & Business. – 2018. – Т. 21. – №. 1. – С. 67-94.

¹²⁴ Smith A. The wealth of nations [1776]. 1937.

Маркс К., Энгельс Ф. Экономическо-философские рукописи 1844 года. – 1974.

Рикардо Д. Принципы политэкономии и налогообложения/Д. – 1817.

¹²⁵ Римский клуб – «международная общественная организация (аналитический центр), созданная в 1968 году, объединяющая представителей мировой политической, финансовой, культурной и научной элиты. Организация внесла значительный вклад в изучение перспектив развития биосферы и пропаганду идеи гармонизации отношений человека и природы. Римский клуб положил начало исследовательским работам по проблемам, названным «Глобальной проблематикой». Цит. по: Римский клуб. https://ru.wikipedia.org/wiki/Римский_клуб.

¹²⁶ Обухов Ю. Д. «Римский клуб» и экологические проблемы //Редакционный совет. – 1975. – С. 70.

Лейбин В. М. «Модели мира» и образ человека: Критический анализ идей Римского клуба. – Политиздат, 1982.

публикация по устойчивому развитию в базе Scopus¹²⁷, после чего в течение пяти лет с 1969 по 1973 годы научные публикации по данной проблематике не появлялись. Первый этап заканчивается Первой конференцией ООН по окружающей человека среде, состоявшейся в Стокгольме в 1972 году¹²⁸. Именно эта конференция стала предвестником новой концепции устойчивого развития.

Второй этап связан с непосредственным возникновением самой концепции устойчивого развития и формированием и развитием ее терминологического аппарата. В 1973 году впервые был использован термин «экоразвитие»¹²⁹. Впервые концепция устойчивого развития была предложена в 1980 году Международным союзом охраны природы и выражалась через идею связать экономику и окружающую среду¹³⁰. Истинный смысл концепции устойчивого развития был представлен в 1987 году в докладе «Наше общее будущее», подготовленном под руководством Г.Х. Брундтланд, премьер-министра Норвегии. Данный доклад в дальнейшем получил неформальное название «Доклад Брундтланд». В докладе концепция устойчивого развития определяется как «развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности».

О.Г. Шальнев уточняет Брундтландское определение, расширяя его границы до «удовлетворения потребностей всех людей с помощью ресурсов, имеющихся на

Пригожин А. И. Римский клуб перед социальными проблемами // Вопросы философии. – 1978. – №. 5. – С. 164-171.

¹²⁷ Bishop W. M., DiCristina V. A prediction technique for ablative material performance under high-shear re-entry conditions // AIAA Journal. – 1968. – Т. 6. – №. 1. – С. 59-63.

¹²⁸ Декларация Конференции ООН по проблемам окружающей человека среды. Принята Конференцией ООН по проблемам окружающей человека среды, Стокгольм, 1972 год. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/declarathenv.shtml.

¹²⁹ Sachs I. Población, tecnologías, recursos naturales y medio ambiente: ecodesarrollo, un aporte a la definición de estilos de desarrollo para América Latina = Population, technology, natural resources and the environment: eco-development, a contribution to the definition of development styles for Latin America. – 1973.

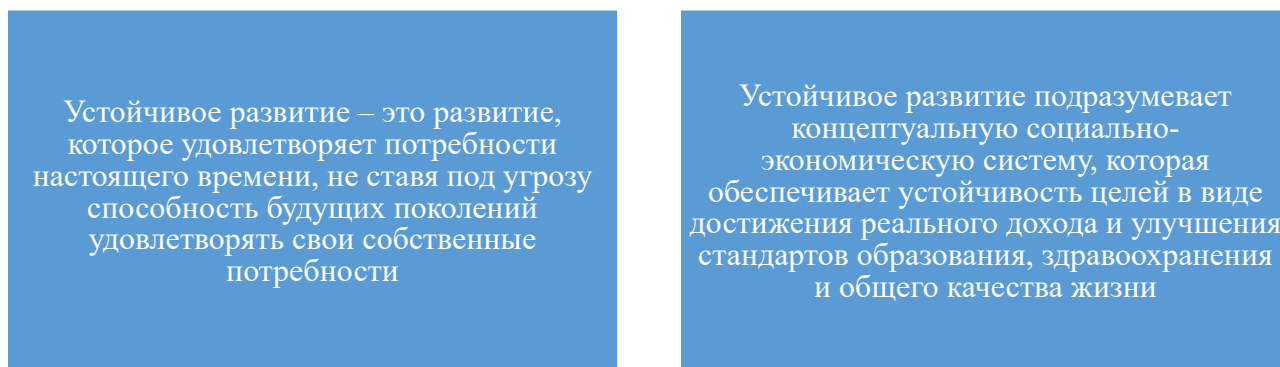
Clinton R. L. Ecodevelopment // World Affs. – 1977. – Т. 140. – С. 111.

Downing T. E. Ecodevelopment: An Alternative Future? // Human Organization. – 1978. – Т. 37. – №. 2. – С. 213-218.

¹³⁰ Union mondiale pour la nature. World conservation strategy: Living resource conservation for sustainable development. – IUCN-UNEP-WWF, 1980.

планете»¹³¹.

На рисунке 2.2 приведены некоторые определения устойчивого развития, характерные для второго этапа.



Источник:¹³²

Рисунок 2.2 – Определения устойчивого развития 1987-1989 годов

Визуализация ключевых событий, связанных с концепцией устойчивого развития на первом и втором этапе развития, представлена на рисунке 2.3.

¹³¹ Шальнев О.Г. Управление устойчивым инновационным развитием предприятий строительного комплекса в условиях цифровой экономики. Дисс... д-ра экон.наук. Воронеж, 2022.

¹³² Our Common Future. WCED, United Nations World Commission on Environment and Development. 1987. Retrieved September 21, 2015. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>. Pearce D. Tourism Development. London: Harlow. 1989.



Источник: составлено автором по материалам¹³³

Рисунок 2.3 – Хронология эволюции развития концепции устойчивого развития с 1969 по 1990 годы (первый и второй этапы)

¹³³ Klarin T. The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues //Zagreb International Review of Economics & Business. – 2018. – Т. 21. – №. 1. – С. 67-94.

Третий этап, «период после Брундтланд», включает в себя несколько значительных событий. Как показано в п. 1.1 настоящего исследования, интерес к концепции устойчивого развития активизировался в начале 1990-х годов с обращения внимания на вопросы изменения климата и их влияния на развитие и состояние окружающей среды. По случаю двадцатой годовщины конференции в Стокгольме в 1992 году в Рио-де-Жанейро состоялась конференция ООН по окружающей среде и развитию, названная Саммитом Земли или Конференцией Рио. В результате были приняты два ключевых для концепции устойчивого развития документа:

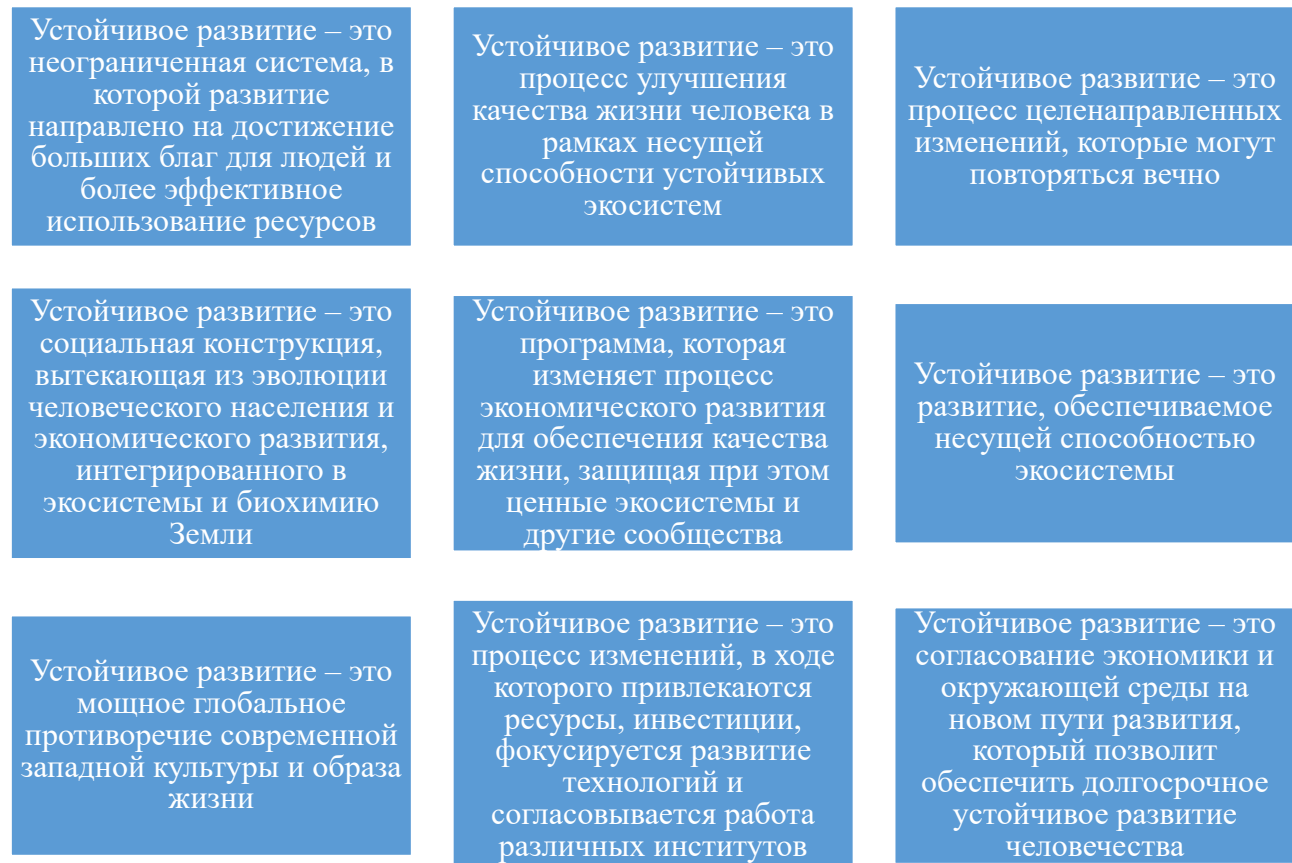
- Декларация Рио по окружающей среде и развитию¹³⁴;
- Повестка дня на XXI век¹³⁵.

Доклад Брундтланд породил небывалый интерес к концепции устойчивого развития. Так, например, в 1996 году насчитывалось более 300 различных определений и интерпретаций устойчивого развития¹³⁶. На рисунке 2.4 приведены определения устойчивого развития, характерные для третьего этапа.

¹³⁴ Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml.

¹³⁵ Повестка дня на XXI век. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21.shtml.

¹³⁶ Dobson A. Environment sustainabilities: An analysis and a typology //Environmental politics. – 1996. – Т. 5. – №. 3. – С. 401-428.



Источник:¹³⁷

Рисунок 2.4 – Определения устойчивого развития 1990-2010 годов

Как видно из рисунка 2.4, в основном все многочисленные определения повторяют суть известного классического определения устойчивого развития.

¹³⁷ Питт Д., Гуревич М. И. Что такое устойчивое развитие? – 2000.

Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Экологический вызов и устойчивое развитие. – Прогресс-традиция, 2000.

Розенберг Г. С. и др. Устойчивое развитие: мифы и реальность. – 1998.

Моисеев Н. Н. Устойчивое развитие или стратегия переходного периода //Зеленый мир. – 1995. – №. 14. – С. 3-5.

Майбуров И. Устойчивое развитие как коэволюционный процесс //Общество и экономика. – 2004. – №. 4. – С. 124-143.

Дятлов С. А. Основы концепции устойчивого развития. – 1998.

Гизатуллин Х. Н., Троицкий В. А. Концепция устойчивого развития: новая социально-экономическая парадигма //Общественные науки и современность. – 1998. – №. 5. – С. 124-130.

Розов Н. С. Устойчивое развитие и ценностное сознание. – 1994.

Урсул А. Д. На пути к экобезопасному устойчивому развитию цивилизации //Общественные науки и современность. – 1994. – №. 4. – С. 127-134.

Четвертый этап развития концепции устойчивого развития. В первом глобальном отчете по устойчивому развитию ООН, изданном в июле 2014 года¹³⁸, говорится, что наука об устойчивом развитии возникла как новое междисциплинарное направление примерно в 2000 году. Только в 2012 году более 40000 авторов из 2200 городов мира опубликовали около 150000 статей по устойчивому развитию – в шесть раз больше, чем за 10 предыдущих лет.

В это же время активно формировалась научная школа устойчивого развития и организации производства в Воронежском государственном техническом университете, в рамках которой были защищены кандидатские диссертации¹³⁹ под руководством профессора О.Г. Туровца¹⁴⁰, профессора В.Н. Родионовой¹⁴¹, профессора Ю.П. Анисимова¹⁴². Особенностью воронежской научной школы являлось рассмотрение промышленного предприятия отрасли машиностроения (промышленной системы) в качестве главного объекта устойчивого и инновационного развития¹⁴³.

¹³⁸ Prototype Global Sustainable Development Report. United Nations. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, July 2014. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1454Prototype%20Global%20SD%20Report2.pdf>.

¹³⁹ Дударева О.В. Механизм устойчивого роста эффективности функционирования промышленных предприятий. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2006.

Соломка А.В. Система управления устойчивым развитием предприятия в условиях активной инновационной деятельности. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2006.

Дударев Д.Н. Организационно-экономический механизм развития производственных систем. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2007.

Шотыло Д.М. Организационно-экономическое обеспечение устойчивости производственной системы. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2008.

¹⁴⁰ Туровец О.Г., Дударева О.В. Механизм устойчивого роста эффективности функционирования промышленных предприятий / О. Г. Туровец, О. В. Дударева ; ГОУВПО "Воронежский гос. технический ун-т". Воронеж, 2008.

Туровец О. Г., Родионова В. Н. Организационные факторы посткризисного развития промышленных предприятий // Организатор производства. – 2009. – Т. 42. – №. 3. – С. 18-21.

¹⁴¹ Шотыло Д. М., Родионова В. Н., Луценко М. С. Организационно-экономическое и информационное обеспечение устойчивости производственной системы // Организатор производства. – 2017. – Т. 25. – №. 2. – С. 22-33.

¹⁴² Анисимов Ю. П. и др. Управление устойчивым развитием предприятия на основе инноваций и интрапренерства. – 2006.

Анисимов Ю. П., Потехин И. А. Особенности организации устойчивого развития производства // Организатор производства. – 2012. – Т. 52. – №. 1. – С. 22-25.

¹⁴³ Дударева О.В. Развитие предприятий машиностроения на основе повышения эффективности их функционирования // Организатор производства. 2012. № 4 (55). С. 59-61.

2015 год был ознаменован двумя фундаментальными в области устойчивого развития документами:

- Повесткой дня в области устойчивого развития на период до 2030 года¹⁴⁴;
- Парижским соглашением об изменении климата, регулирующим меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 года¹⁴⁵.

Первый документ впервые представил 17 Целей устойчивого развития (ЦУР) до 2030 года¹⁴⁶, индикаторы для оценки и измерения которых были разработаны двумя годами позднее в 2017 году. Необходимо отметить, что привычные для сегодняшнего восприятия 17 ЦУР до 2030 года, впервые представленные в 2015 году и до сих пор не потерявшие свою актуальность и не нуждающиеся в корректировке, стали объективным продолжением так называемых ЦРДТ – 8-ми Целей развития Декларации тысячелетия ООН¹⁴⁷ (ЦДТ, Целей Декларации тысячелетия ООН) 2000 года на период до 2015 года¹⁴⁸, включающих 21 задачу. Можно, к сожалению, констатировать, что ЦРДТ до 2015 года, принятые в 2000

Дударева О.В. Механизм устойчивого роста эффективности деятельности промышленных предприятий // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 9. С. 52-55.

Дударев Д.Н., Дударева О.В. Организационно-экономический механизм развития производственных систем монография / Д. Н. Дударев, О. В. Дударева ; ГОУ ВПО "Воронежский гос. технический ун-т". Воронеж, 2008.

Дударева О.В. Механизм устойчивого роста эффективности промышленных предприятий, его основные элементы и принципы формирования // Экономинфо. 2005. № 3. С. 5-10.

¹⁴⁴ Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года. https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R.

¹⁴⁵ PARIS AGREEMENT. UNITED NATIONS. 2015. https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.

¹⁴⁶ ЦУР 1. Ликвидация нищеты. ЦУР 2. Ликвидация голода. ЦУР 3. Хорошее здоровье и благополучие. ЦУР 4. Качественное образование. ЦУР 5. Гендерное равенство. ЦУР 6. Чистая вода и санитария. ЦУР 7. Недорогостоящая и чистая энергия. ЦУР 8. Достойная работа и экономический рост. ЦУР 9. Индустриализация, инновации и инфраструктура. ЦУР 10. Уменьшение неравенства. ЦУР 11. Устойчивые города и населенные пункты. ЦУР 12. Ответственное потребление и производство. ЦУР 13. Борьба с изменениями климата. ЦУР 14. Сохранение морских экосистем. ЦУР 15. Сохранение экосистем суши. ЦУР 16. Мир, правосудие и эффективные институты. ЦУР 17. Партнерство в интересах устойчивого развития.

¹⁴⁷ Декларация тысячелетия ООН. Принята резолюцией 55/2 Генеральной Ассамблеи от 8 сентября 2000 года. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/summitdecl.shtml.

¹⁴⁸ ЦРДТ 1. Ликвидировать абсолютную бедность и голод. ЦРДТ 2. Обеспечить всеобщее начальное образование. ЦРДТ 3. Содействовать равноправию полов и расширению прав женщин. ЦРДТ 4. Сократить детскую смертность. ЦРДТ 5. Улучшить охрану материнского здоровья. ЦРДТ 6. Бороться с ВИЧ/СПИДом, малярией и прочими заболеваниями. ЦРДТ 7. Обеспечить экологическую устойчивость. ЦРДТ 8. Сформировать всемирное партнерство в целях развития.

году, совсем не учитывали индустриализацию, несмотря на то что промышленность является одним из главных драйверов экономического роста, достижения всеобщего благосостояния, процветания, высокого уровня и качества жизни (как показано в пункте 1.1 на рисунке 1.9 настоящего исследования). Данное негативное обстоятельство было преодолено, и в 2015 году Генеральной Ассамблеей ООН всеобщей и устойчивой индустриализации был придан статус ЦУР 9, что полностью соответствует ее глобальной значимости.

Парижское соглашение также получило дополнительное развитие в 2021 году в плане Европейского союза по сокращению выбросов парниковых газов на 55% к 2030 году¹⁴⁹. На рисунке 2.5 приведены определения устойчивого развития, характерные для четвертого этапа.

¹⁴⁹ Fit for 55: delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0550>.

Макаров И. А., Степанов И. А. Парижское соглашение по климату: влияние на мировую энергетику и вызовы для России //Актуальные проблемы Европы. – 2018. – №. 1.

Wirth D. A. Парижское Соглашение: Новый Компонент Климатического Режима ООН (The Paris Agreement as a New Component of the UN Climate Regime) //Вестник международных организаций. – 2017. – Т. 12. – №. 4.

Макаров И. А., Чен Х., Пальцев С. В. Последствия Парижского климатического соглашения для экономики России //Вопросы экономики. – 2018. – Т. 4. – С. 76-94.

Павленко В. Б. Парижское соглашение как угроза национальной безопасности России //Астраханский вестник экологического образования. – 2017. – №. 4 (42). – С. 25-40.

Тарко А. М. Остановит ли Парижское соглашение глобальное потепление? //Век глобализации. – 2019. – №. 4.

Сильвестров С. Н., Рогинко С. А. По поводу рисков Парижского соглашения о климате для социально-экономического развития России //Российский экономический журнал. – 2016. – №. 6. – С. 32-43.

Гарафова Д. И. Новеллы Парижского соглашения по климату 2015 г.: анализ механизмов осуществления //Электронное приложение к Российскому юридическому журналу. – 2018. – №. 3. – С. 24-32.

Кокорин А. О. Парижское климатическое соглашение ООН: нынешнее и будущее воздействие на экономику России и других стран //Экологический вестник России. – 2016. – Т. 3. – С. 40-43.

Дубовик О. Л., Аверина К. Н. Значение Парижского соглашения для охраны климата: крупномасштабные планы и проблемы с их реализацией //Международное право и международные организации/International Law and International Organizations. – 2018. – №. 4. – С. 18-27.

Устойчивое развитие дает возможность неограниченного во времени взаимодействия между обществом, экосистемами и другими живыми системами без обеднения ключевых ресурсов

Устойчивое развитие – это развитие, которое защищает окружающую среду, потому что устойчивая окружающая среда обеспечивает устойчивое развитие

Под устойчивым развитием понимается долгосрочное ответственное использование ресурсов в балансе с экономическими, экологическими и социальными соображениями

Источники:¹⁵⁰

Рисунок 2.5 – Определения устойчивого развития 2017-2022 годов

Визуализация ключевых событий, связанных с концепцией устойчивого развития на третьем и четвертом этапах развития, представлена на рисунке 2.6.

¹⁵⁰ БОБЫЛЕВ С. Н. Устойчивое развитие: парадигма для будущего //Мировая экономика и международные отношения. – 2017. – Т. 61. – №. 3. – С. 107-113.

Васильев А. В. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КАК КОНЦЕПТ И СОЦИАЛЬНАЯ ПРАКТИКА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ //MODERN SCIENCE. – 2022. – №. 1-1. – С. 326-328.

Суслов С. Н. Понятие и факторы устойчивого развития организации //Символ науки. – 2019. – №. 1. – С. 60-66.

Чекмарев О. П., Конев П. А. Устойчивое развитие: подходы к определению //Изв. Междунар. академии аграрного образования. – 2018. – №. 38. – С. 109.

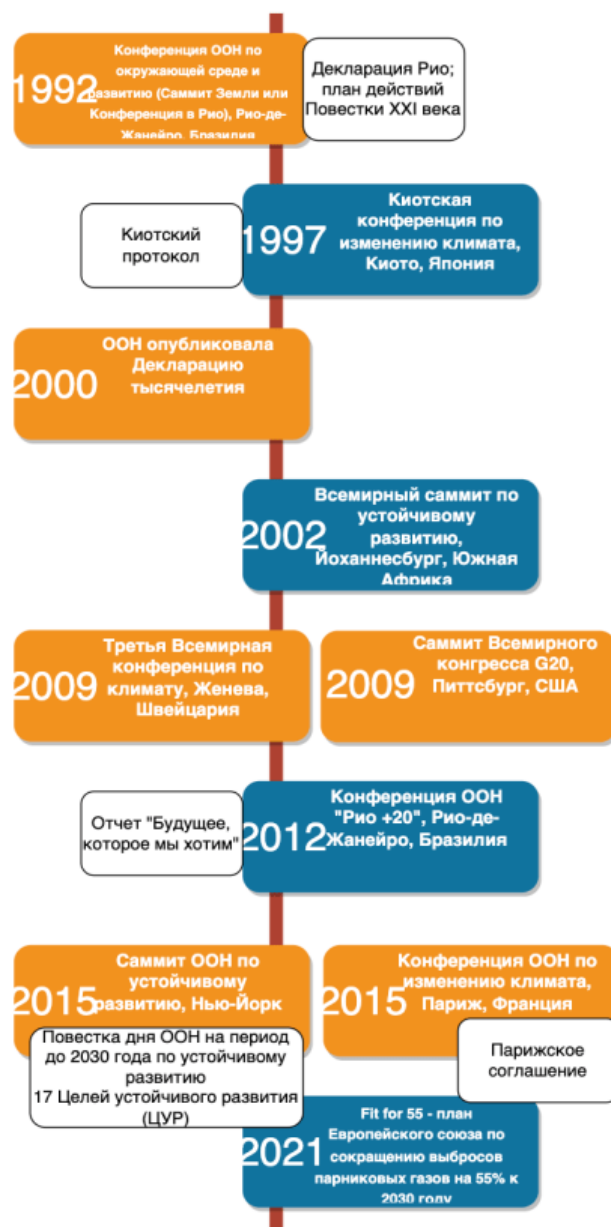
Кривчанская А. В. Сравнительный анализ подходов к определениям понятий "устойчивость" и "устойчивое развитие организации" //Стратегии бизнеса. – 2019. – №. 3 (59). – С. 26-31.

Чекмарев О. П. Методологические основы концепции устойчивого развития: микро-, макро-и глобальный уровень //Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – №. 1 (50). – С. 135-140.

Бобылев С. Н. Устойчивое развитие: новое видение будущего? //Вопросы политической экономии. – 2020. – №. 1. – С. 67-83.

Семидоцкий В. А., Костенко Р. В. Устойчивое развитие промышленного бизнеса в рамках промышленных агломераций. Определения и классификация ключевых дефиниций //Экономика и предпринимательство. – 2018. – №. 6. – С. 553-555.

Миссия эко-индустриального парка Калуннборг. <http://www.symbiosis.dk/en/strategi/>.



Источник: составлено автором по материалам¹⁵¹

Рисунок 2.6 – Хронология эволюции развития концепции устойчивого развития с 1992 по 2021 годы (третий и четвертый этапы)

Пятый этап развития концепции устойчивого развития связан с ограничениями 2020-2022 годов и постпандемийным восстановлением¹⁵².

¹⁵¹ Klarin T. The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues //Zagreb International Review of Economics & Business. – 2018. – Т. 21. – №. 1. – С. 67-94.

¹⁵² Климанов В. В., Михайлова А. А. Бюджетная децентрализация в пандемию и постпандемийных условиях //Журнал Новой экономической ассоциации. – 2021. – №. 3. – С. 218-226.

Евсин М. Ю. ВЛИЯНИЕ ИНФЛЯЦИИ НА ПОСТПАНДЕМИЙНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКОНОМИКИ РОССИИ //Экономика, управление и общество: теория, методология и практика. – 2021. – С. 117-123.

Проблема постпандемического устойчивого развития уже была затронута в Докладе о мировом развитии 2022 года Всемирного банка, а также в Отчете о промышленном развитии 2022 года ЮНИДО. Планируется также рассмотреть вопросы устойчивого восстановления в Глобальном докладе об устойчивом развитии 2023 года.

Таким образом, в своем развитии парадигма устойчивого развития адаптировалась к современным требованиям сложной глобальной среды, но основополагающие принципы и цели, а также проблемы их реализации остались практически неизменными. Систематизация ключевых элементов, целей, принципов, основных направлений преобразований в рамках парадигмы устойчивого развития представлена на рисунке 2.7.

Домнина И. Н., Маевская Л. И. ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРАТЕГИИ ПОДДЕРЖКИ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА В РЕГИОНАХ РОССИИ В ПОСТПАНДЕМИЙНЫЙ ПЕРИОД //Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – №. 5. – С. 31-42.

Анимица Е. Г. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ РЕГУЛЯТОРНОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ НОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ.

Евсин М. Ю. ВЛИЯНИЕ ИНФЛЯЦИИ НА ПОСТПАНДЕМИЙНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКОНОМИКИ РОССИИ //Экономика, управление и общество: теория, методология и практика. – 2021. – С. 117-123.

Никифорова В. Д., Никифоров А. А. АНАЛИЗ ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ И ПОСТПАНДЕМИЙНОЕ ОЗДОРОВЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ //СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ В РОССИИ В УСЛОВИЯХ МНОГОПОЛЯРНОГО МИРА. – 2021. – С. 139-142.

Перская В. В. ГОСУДАРСТВО КАК ИНСТИТУТ ИНИЦИАЦИИ РАЗВИТИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЭКОНОМИКИ В ПОСТПАНДЕМИЙНЫЙ ПЕРИОД //Экономика. Налоги. Право. – 2022. – Т. 15. – №. 1. – С. 142-154.

Волков Г. Ю. Перспективы восстановления мировой экономики в постпандемийный период в рамках разносрочных сценариев //Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. – 2020. – №. 3.

Сидоров Ю. В., Бочков П. В., Блинова Е. А. МАЛЫЙ БИЗНЕС В ПОСТПАНДЕМИЙНЫЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ //Журнал «Human Progress» <http://progress-human.com>. – 2021. – Т. 7. – №. 4.



Источник: составлено автором

Рисунок 2.7 – Особенности устойчивого развития

Исследовательский интерес к проблеме устойчивого развития не ослабевает до настоящего времени. Парадигма устойчивого развития уже стала традиционной и фундаментальной для миллионов исследователей, ученых и практиков. С течением времени концепция устойчивого развития подвергалась различной

критике¹⁵³ и интерпретации, но при этом была принята в различных областях человеческой деятельности, а Брундтландское определение устойчивого развития стало одним из наиболее цитируемых в литературе.

Концепция «тройного дна» устойчивости, отраженная в рамках особенностей устойчивого развития на рисунке 2.7, была впервые представлена Дж. Элкингтоном в 1994 году¹⁵⁴. По своей сути «тройное дно» является предвестником ESG-факторов (Environmental – экологических, Social – социальных и Corporate Governance – корпоративных, управленческих, экономических). Непосредственно сами ESG-факторы в привычном для нас виде были выделены в 2004 году¹⁵⁵.

На взгляд автора, классическое Брундтландское определение устойчивого развития в современных условиях должно претерпевать изменения в сторону дополнения «концепции развития», «концепции потребностей», «концепции будущих поколений» (представленных на рисунке 2.7) «концепцией ценностей». Удовлетворение потребностей всех поколений целесообразно лишь на основе ценностей, например, ESG-ценностей: экологических, социальных и корпоративных (экономических).

В последние годы линейная экономика, действующая по принципу «бери – производи – выбрасывай» или «бери, производи, потребляй, выбрасывай», трансформируется в циркулярную экономику, корни которой уходят в концепцию устойчивого развития¹⁵⁶. *Циркулярная экономика* представляет собой «экономическую систему, основанную на бизнес-моделях, которые заменяют

¹⁵³ Гузикова Л. А. Критика концепции устойчивого развития. – 2019.

Долгорукова И. А. КРИТИКА КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ //МОЛОДОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ. – 2021. – С. 80-84.

Бобылев С. Н. Устойчивое развитие: новое видение будущего? //Вопросы политической экономии. – 2020. – №. 1. – С. 67-83.

¹⁵⁴ Elkington J. Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development //California management review. – 1994. – Т. 36. – №. 2. – С. 90-100.

Elkington J. Enter the triple bottom line //The triple bottom line: Does it all add up. – 2004. – Т. 11. – №. 12. – С. 1-16.

¹⁵⁵ Шальнев О.Г. Управление устойчивым инновационным развитием предприятий строительного комплекса в условиях цифровой экономики. Дисс... д-ра экон.наук. Воронеж, 2022.

¹⁵⁶ Klarin T. The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues //Zagreb International Review of Economics & Business. – 2018. – Т. 21. – №. 1. – С. 67-94.

концепцию «конца жизни» сокращением, альтернативным повторным использованием, переработкой и восстановлением материалов в процессах производства/распределения и потребления»¹⁵⁷. Несмотря на положительные эффекты, циркулярная экономика, в основном, сосредоточена на экономическом процветании, а затем на качестве окружающей среды, в то время как социальная справедливость и будущие поколения практически не упоминаются, что порождает большое количество критических исследований¹⁵⁸ по отношению к циркулярной экономике.

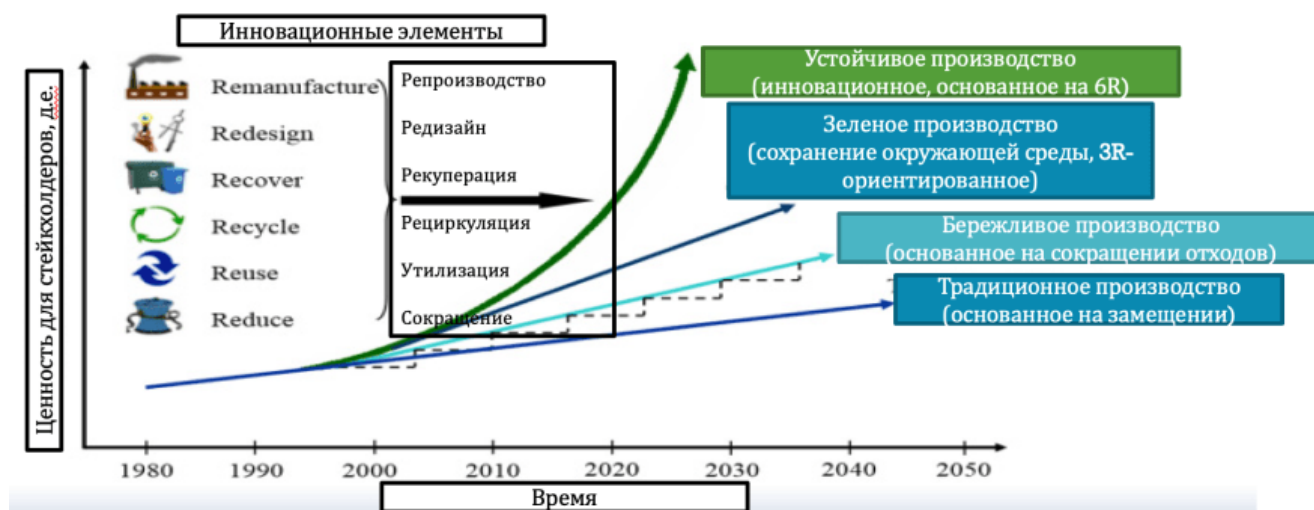
Компаративное (сравнительно-историческое) исследование парадигмы устойчивого развития совместно с теорией циркулярной экономики позволило обобщить и визуализировать эволюцию устойчивого производства на основе модели 6R (рисунок 2.8). Внедрение и использование всех шести основных элементов модели 6R (репроизводство, редизайн, рекуперация, рециркуляция, утилизация, сокращение отходов) в промышленные секторы на разных уровнях позволит добиться максимальной ценности для всех заинтересованных сторон и внедрить бизнес-модель (способ осуществления экономической деятельности) «устойчивое производство» – инновационное, основанное на 6R. Внедрение трех из шести элементов модели 6R позволяет рассчитывать на сохранение окружающей среды в рамках 3R-ориентированной бизнес-модели «зеленое производство».

¹⁵⁷ Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions //Resources, conservation and recycling. – 2017. – Т. 127. – С. 221-232.

¹⁵⁸ Corvellec H., Stowell A. F., Johansson N. Critiques of the circular economy //Journal of Industrial Ecology. – 2021.

Valenzuela F., Böhm S. Against wasted politics: A critique of the circular economy //Ephemera: theory & politics in organization. – 2017. – Т. 17. – №. 1. – С. 23-60.

Коданева С. И. Общество потребления vs циркулярная экономика: совместимые или взаимоисключающие модели? //Социальные новации и социальные науки. – 2020. – №. 2 (1).



Источник: адаптировано по материалам¹⁵⁹

Рисунок 2.8 – Модель устойчивого производства 6R

Концепция устойчивого развития в промышленности раскрывается и реализуется через так называемое *всеобщее (инклюзивное) и устойчивое промышленное развитие* (ВУПР) (англ.: Inclusive and Sustainable Industrial Development¹⁶⁰, ISID). Термин «ВУПР» был впервые представлен в Лимской декларации ЮНИДО по итогам генеральной конференции в Перу в 2013 года¹⁶¹.

Концепция ВУПР, включающая видение, принципы, основные направления, условия и факторы, представлена на рисунке 2.9.

¹⁵⁹ Jovane et al. The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing. CIRP Annals – Manufacturing technology, 2008, 57, pp 641 – 659.

¹⁶⁰ Операционная платформа ISID. INCLUSIVE AND SUSTAINABLE INDUSTRIAL DEVELOPMENT. <https://www.unido.org/inclusive-and-sustainable-industrial-development>.

Всеобщее устойчивое промышленное развитие. Достижение общественного благосостояния. Защита окружающей среды. ЮНИДО. http://www.unido.ru/upload/files/i/isid_brochure_ru.pdf.

¹⁶¹ Лимская декларация. Путь к достижению всеохватывающего и устойчивого промышленного развития. ГЕНЕРАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ЮНИДО. Лима – Перу. 2-6 декабря 2013 года. https://www.unido.org/sites/default/files/2014-04/Lima_Declaration_RU_web_0.pdf.



Источник: составлено автором

Рисунок 2.9 – Особенности всеобщего устойчивого промышленного развития (ВУПР)

Акторы российской экосистемы устойчивого развития представлены в Приложении Б.

Концепция промышленных экосистем

В процессе разработки политики и достижения целей устойчивого развития наибольшее значение имеет *концепция промышленных экосистем*. Значение и вклад промышленных секторов в экономический рост как фундамент устойчивого долгосрочного развития подробно рассмотрены выше и представлены на рисунке 1.9. Некоторые определения понятия «промышленная экосистема» представлены на рисунке 1.19 при проведении классификации экосистем. Дополним эти определения некоторыми значимыми в рамках концепции экосистем и выделим два основных подхода к определению понятия «промышленная экосистема» (рисунок 2.10): рассмотрение промышленной экосистемы на основе принципов промышленного симбиоза и рассмотрение промышленной экосистемы как разновидности экономической системы.

Под *промышленным симбиозом* в контексте настоящего исследования понимается подход, объединяющий несколько акторов (экономических систем, организаций или предприятий) на основе физического обмена материалами, энергией и отходами производства, создающий экономические преимущества для акторов и экологические выгоды для общества. В общем смысле промышленный симбиоз можно рассматривать как подход в циркулярной экономике в рамках более общей концепции промышленной экологии.

Подход 1. Рассмотрение промышленной экосистемы на основе принципов промышленного симбиоза

- Модель промышленной деятельности, в которой отдельные производственные процессы потребляют сырье и генерируют продукцию, подлежащую продаже, и отходы, подлежащие переработке (Р. Фрош, Н. Галлопулос, 1989)
- Модель промышленной деятельности, представляющей собой локализованные социально-экономические формации, обеспечивающие устойчивое развитие посредством рециркуляции входных и выходных ресурсов на основе методов промышленного симбиоза (Дж. Корхонен, 2000)
- Локализованные социально-экономические формации, обеспечивающие устойчивое развитие посредством циркуляции ресурсов в целевой, экологической, технологической и проектной подсистемах (Г.Б. Клейнер, 2018)

Подход 2. Платформенный подход к рассмотрению промышленной экосистемы

- Сложная система 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 (В.В. Глухов и др., 2021)
- Совокупность взаимодействующих экономических субъектов, не управляющихся иерархически и адаптирующихся друг к другу на основе профессиональных коммуникационных **площадок**, созданных промышленным архитектором (Е.В. Попов и др., 2019)
- Набор компонентов, созданных владельцем продуктовой **платформы**, и инноваций, разрабатываемых независимыми акторами вне платформы (Дж. Уэрхем, 2014)
- **Эко-платформы**, в которых управление ресурсами и бизнес-процессы стремятся к более экологичным, естественным для человека и окружающей среде формам (Промышленная экология: цифровая трансформация производственной деятельности, 2019)

Источники:¹⁶²

Рисунок 2.10 – Подходы к определению понятия промышленной экосистемы

1. Промышленные экосистемы на основе принципов промышленного

¹⁶² Frosch R. A., Gallopoulos N. E. Strategies for manufacturing //Scientific American. – 1989. – Т. 261. – №. 3. – С. 144-153.

Korhonen J. Industrial ecosystem: using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system. – University of Jyväskylä, 2000. – №. 5.

Клейнер Г. Б. Промышленные экосистемы: взгляд в будущее //Экономическое возрождение России. – 2018. – №. 2 (56). – С. 53-62.

Промышленная экология: цифровая трансформация производственной деятельности. 2019. <https://skillscenter.ru/industrial-ecology-digital-transformation-of-industrial-activity/>.

Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ // Экономика и управление. 2021. Т. 27. № 10 (192). С. 751-765.

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.

Wareham J., Fox P. B., Cano Giner J. L. Technology ecosystem governance //Organization science. – 2014. – Т. 25. – №. 4. – С. 1195-1215.

симбиоза

Впервые промышленные экосистемы стали рассматриваться в контексте промышленной экологии¹⁶³. Как отмечено выше, эта концепция приобрела популярность после публикации в 1989 году статьи Р. Фроша и Н. Галлопулоса¹⁶⁴.

«В традиционных промышленных системах при каждой операции по обработке потребляется сырье, поставляются продукты и появляются отходы, которые складываются. Необходимо заменить этот упрощенный метод более интегрированной моделью: промышленной экосистемой... Промышленная экосистема может функционировать как биологическая экосистема... Естественно, никогда не удастся создать совершенную промышленную экосистему, но производители и потребители должны будут изменить свои привычки, если они хотят сохранить или повысить уровень жизни, не страдая от деградации окружающей среды»¹⁶⁵.

Промышленная экосистема, как и любая экономическая экосистема, функционирует аналогично биологическим экосистемам, где растения синтезируют питательные вещества, используемые травоядными животными, которые, в свою очередь, питают цепь плотоядных животных, отходы и тела которых питают последующие поколения растений (рисунок 2.11).

¹⁶³ Дударева О.В., Аракчеев Д.В. Эволюция развития промышленных экосистем // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 1 (22). С. 38-40.

¹⁶⁴ Frosch R. A., Gallopoulos N. E. Strategies for manufacturing //Scientific American. – 1989. – Т. 261. – №. 3. – С. 144-153.

¹⁶⁵ Frosch R. A., Gallopoulos N. E. Strategies for manufacturing //Scientific American. – 1989. – Т. 261. – №. 3. – С. 144-153.



Источник: по материалам¹⁶⁶

Рисунок 2.11 – Биологическая экосистема: устойчивая система

Биологическая экосистема перерабатывает самые важные питательные вещества, используя только солнечную энергию для приведения системы в движение. Эта идея положена в основу промышленных экосистем. Таким образом, сторонники промышленной экологии использовали экосистемный подход для того, чтобы по-новому подойти к фундаментальному вопросу о причинах экологического кризиса¹⁶⁷.

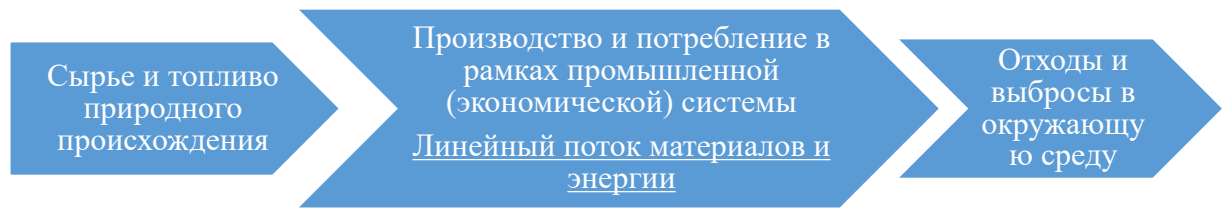
В отличие от биологической¹⁶⁸, *промышленная экосистема не является полностью устойчивой* (рисунок 2.12).

¹⁶⁶ Korhonen J. On Industrial Ecosystem Case Studies. –

¹⁶⁷ Солдак М. А. и др. Промышленные экосистемы и цифровизация в контексте устойчивого развития // Экономика промышленности. – 2020. – №. 4 (92).

¹⁶⁸ Светлосанов В. А. Устойчивость и стабильность природных экосистем. – 1990.

Светлосанов В. А. О стабильности экосистем // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 1976. – №. 4. – С. 89-94.



Источник: по материалам¹⁶⁹

Рисунок 2.12 – Промышленная система: неустойчивая система

Циклический поток веществ и энергии, типовой для устойчивой биологической экосистемы, – вот идеальное состояние промышленной экосистемы, а путь к достижению устойчивости лежит через переработку отходов (ресайклинг) и разделение энергии между промышленными субъектами¹⁷⁰.

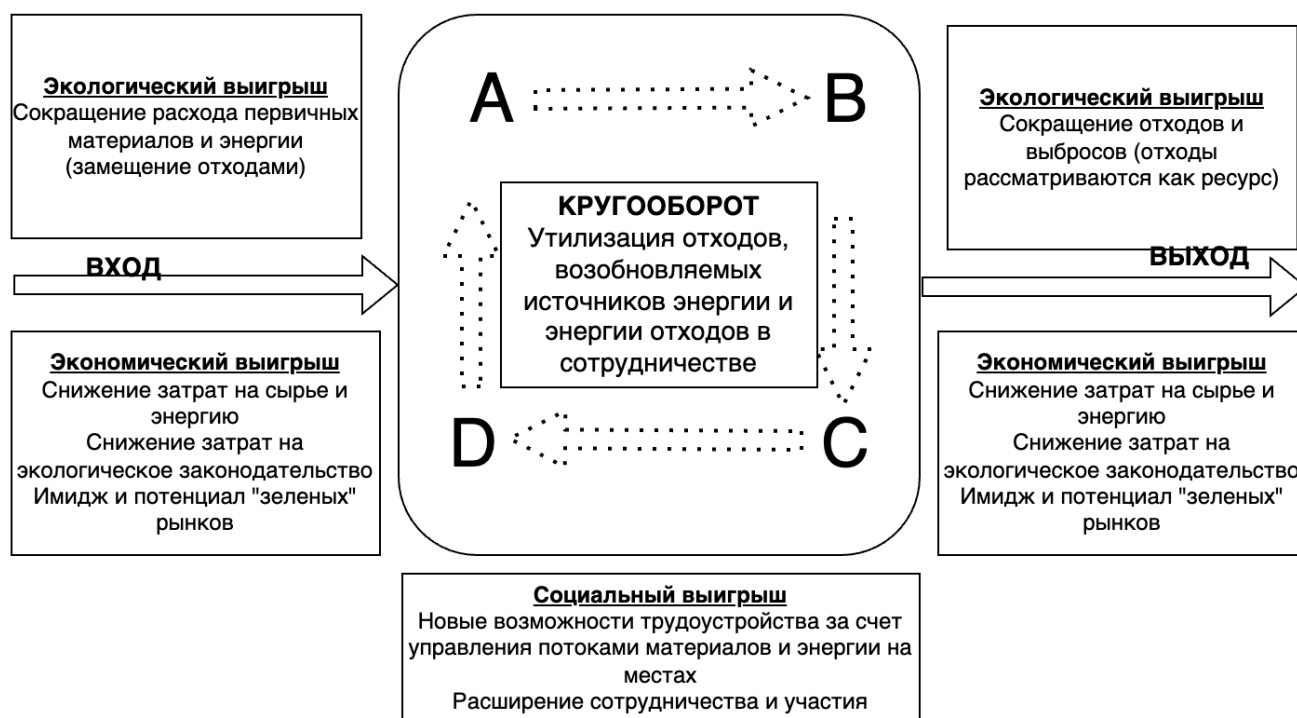
Промышленная экосистема обладает, отличается и характеризуется рядом свойств и особенностей, которые можно разделить на две основные группы:

- 1) физические потоки вещества и энергии, происходящие на принципах рециркуляции, экономии энергии, утилизации и/или каскадирования;
- 2) структурные и организационные свойства/особенности:
 - разнообразие (в участвующих акторах);
 - взаимозависимость (в их отношениях);
 - локация (в пространстве пользования, использования ресурсов, жизненных циклов продукта и т.д.).

Классическое представление, видение промышленной экосистемы, предложенное Дж. Корхоненом еще в 2000-е годы, представлено на рисунке 2.13.

¹⁶⁹ Korhonen J. On Industrial Ecosystem Case Studies. –

¹⁷⁰ Korhonen J. Industrial ecosystem: using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system. – University of Jyväskylä, 2000. – №. 5.



Источник: по материалам¹⁷¹

Рисунок 2.13 – Классическое представление промышленной экосистемы

Как видно из рисунка 2.13, внутри промышленной экосистемы происходит кругооборот использования в сотрудничестве отходов, возобновляемых источников энергии и сырья. Синергетический эффект от замещения состоит в замене исходных невозобновляемых ресурсов отходами, побочными продуктами от производства, энергетическими излишками других акторов промышленной экосистемы¹⁷². В зависимости от этого выделяют три типа промышленных экосистем¹⁷³ (рисунок 2.14):

– *первый*, «молодой», *тип* промышленных экосистем отличается полным

¹⁷¹ Korhonen J. On Industrial Ecosystem Case Studies. <https://www.yumpu.com/en/document/view/27644213/on-industrial-ecosystem-case-studies-eth-zurich-natural-and->

Шкарупета Е.В., Дударева О.В. Концептуальное представление промышленной экосистемы в ходе эволюции устойчивого развития // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 1 (22). С. 5-8.

¹⁷² Korhonen J. Industrial ecosystem: using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system. – University of Jyväskylä, 2000. – №. 5.

Korhonen J. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem // Journal of Cleaner production. – 2001. – Т. 9. – №. 3. – С. 253-259.

¹⁷³ Korhonen J., Snäkin J. P. Analysing the evolution of industrial ecosystems: concepts and application // Ecological Economics. – 2005. – Т. 52. – №. 2. – С. 169-186.

отсутствием циркулярности, то есть на вход могут неограниченно поступать требуемые ресурсы, а на выходе – образовываться неограниченные отходы;

– *второй*, «комбинированный», *тип* промышленных экосистем часто обладает признаками циркулярности: на входе у таких экосистем присутствуют комбинированные потоки ресурсов (например, неограниченные энергетические и ограниченные ресурсные потоки), а на выходе – только ограниченные потоки отходов;

– *третий*, «зрелый», *тип* промышленных экосистем характеризуется полной циркулярностью, когда полностью отсутствуют входные материальные и выходные потоки, а присутствуют лишь входные энергетические ресурсы.



Источник: адаптировано по материалам¹⁷⁴

Рисунок 2.14 – Три типа промышленных экосистем

Отличительной особенностью промышленной экосистемы,

¹⁷⁴ Ayres RU, Ayres LW. A handbook of industrial ecology. Cheltenham: Edward Elgar Ltd.; 2002.

Korhonen J. Theory of industrial ecology : the case of concept of diversity. Progress in industrial ecology, 2005, 2:1, pp 35-77.

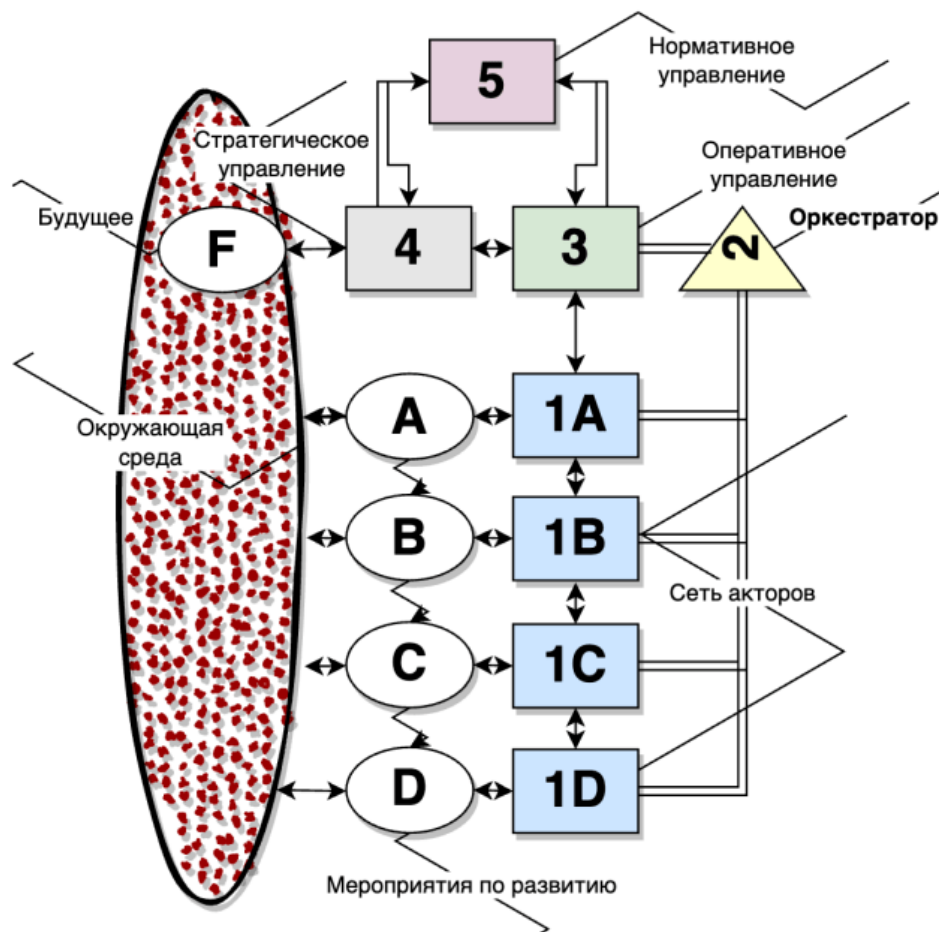
функционирующей на основе промышленного симбиоза, является *пространственная, географическая локализация*. Промышленный симбиоз – это, в основном, сотрудничество между местными компаниями. Кроме того, создание и поддержка промышленного симбиоза часто является прямым следствием местной и региональной политики.

2 Платформенный подход к рассмотрению промышленной экосистемы

Как и любая экосистема, промышленная экосистема подобна оркестру. Для достижения устойчивого развития промышленных экосистем необходим соответствующий экосистемный оркестровый механизм с обязательным выделением основополагающей роли оркестратора экосистемы (рисунок 2.15).

Платформенный подход позволяет географически расширить локализацию акторов промышленной экосистемы для виртуального обмена потоками ресурсов, чаще всего информационных, в том числе на основе цифровых платформ и цифровых экосистем. Однако для обмена материальными потоками (энергия, вода, сырье) акторы промышленной экосистемы должны быть по-прежнему локализованы.

Понятия промышленной экосистемы с точки зрения промышленного симбиоза и платформенного подхода похожи, но в то же время различаются определенным образом.



Источник: по материалам¹⁷⁵

Рисунок 2.15 – Промышленная экосистема как платформа акторов с выделенным оркестратором

На взгляд автора, именно промышленный симбиоз как часть концепций циркулярной экономики и более обширной концепции промышленной экологии является основным отличительным признаком промышленной экосистемы, соединяет концепции промышленных экосистем и устойчивого развития (рисунок 2.16).

¹⁷⁵ Riesener M., Dölle C., Kuhn M. Innovation ecosystems for industrial sustainability //Procedia CIRP. – 2019. – Т. 80. – С. 27-32.

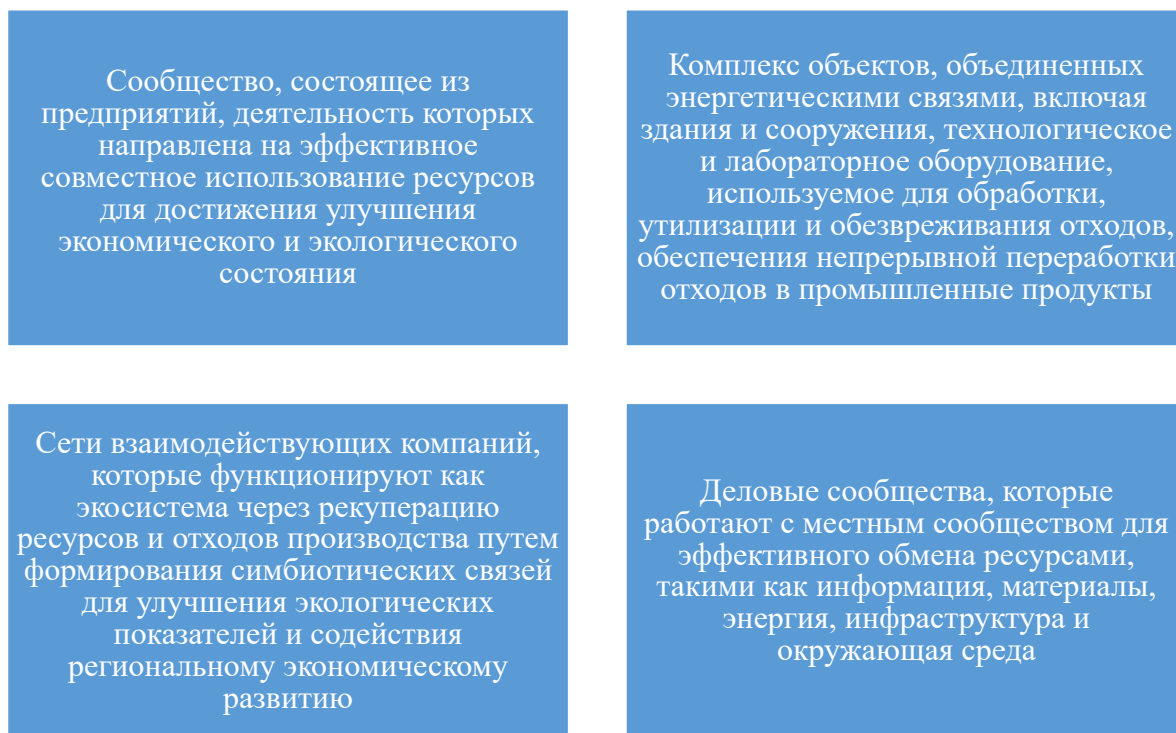


Источник: составлено автором

Рисунок 2.16 – Трихотомическая концепция устойчивого развития промышленных экосистем

Одной из организационных форм проявления промышленных экосистем являются сети промышленного симбиоза. Промышленный симбиоз, поддерживающий природу, является ключевой идеей *концепции эко-индустриальных парков* (рисунок 2.17), в рамках которых, объединяя свои усилия, компании могут также обмениваться опытом использования экологически чистых технологий, применения ресурсоэффективных технологий, методов повторного использования энергоресурсов и отходов как вторичного сырья¹⁷⁶.

¹⁷⁶ Эко-индустриальные парки: обеспечение всеобщего процветания и защиты окружающей среды. ЮНИДО. 2017. <https://www.unido.org/news/eco-industrial-parks-creating-shared-prosperity-and-safeguarding-environment>.



Источники:¹⁷⁷

Рисунок 2.17 – Понятие «эко-индустриальный парк» в разных источниках

Эко-индустриальные парки способствуют переходу к замкнутым экономическим циклам, сохранению водных ресурсов, эффективной переработке, рециклингу и рациональному регулированию отходов, а также внедрению синергических механизмов в промышленности. Создание эко-индустриальных парков способствует масштабированию и расширению деятельности, направленной на внедрение ресурсоэффективных и экологически более чистых производств с перспективой выхода за рамки эко-индустриальных парков и их включения в систему «устойчивых городов», в которых экономический и

¹⁷⁷ Титова Н. Ю. Опыт развития эко-индустриальных парков АТР как ориентир внедрения циркулярной экономики в РФ //Ойкумена. Регионоведческие исследования. – 2020. – №. 3 (54).

Алабаева Н. С. и др. Развитие эко-индустриальных парков в России и за рубежом //Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – №. 6-1. – С. 19-23.

Распоряжение Правительства РФ от 25.01.2018 N 84-р "Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года". http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_289114/.

Côté R. P., Cohen-Rosenthal E. Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences //Journal of cleaner production. – 1998. – Т. 6. – №. 3-4. – С. 181-188.

University of North Carolina. Camden country green industrial park feasibility study. URL: <http://wvzw.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/Uo723423.pdf>.

социальный симбиоз может быть достигнут во всех аспектах устойчивого городского планирования. В таких системах возможен обмен потоками отходов в региональном масштабе с расширением вовлекаемых элементов инфраструктуры, материально-технического обеспечения и способов использования отходов для получения энергии¹⁷⁸.

Эко-индустриальные парки обеспечивают улучшение интеграции промышленности в городах путем создания общих экономических возможностей, сохранения устойчивости экосистем и повышения инновационных возможностей для социально-ответственного бизнеса. Таким образом, эко-индустриальные парки обеспечивают тройную ESG-выгоду: экологическую, социальную и экономическую¹⁷⁹:

- современные эко-индустриальные парки призваны резко сократить негативное воздействие на окружающую среду со стороны промышленных операций за счет экологически эффективного управления и внедрения систем предотвращения загрязнения;

- эко-индустриальные парки обеспечивают социальные преимущества, включая улучшение уровня жизни в местном масштабе в результате развития общей инфраструктуры и повышение качества образования за счет внедрения новых учебных программ, а также внедрения более высоких стандартов охраны здоровья и безопасности наемных рабочих и сотрудников предприятий;

- создание эко-индустриальных парков приводит к повышению конкурентоспособности компаний, снижению потребления ресурсов, уменьшению зависимости от угля и увеличение объема продаж за счет «зеленого» и сегментного маркетинга.

Можно сказать, что любая промышленная экосистема может являться эко-

¹⁷⁸ Эко-индустриальные парки: обеспечение всеобщего процветания и защиты окружающей среды. ЮНИДО. 2017. <https://www.unido.org/news/eco-industrial-parks-creating-shared-prosperity-and-safeguarding-environment>.

¹⁷⁹ Эко-индустриальные парки: обеспечение всеобщего процветания и защиты окружающей среды. ЮНИДО. 2017. <https://www.unido.org/news/eco-industrial-parks-creating-shared-prosperity-and-safeguarding-environment>.

индустриальным парком, но не каждый эко-индустриальный парк является промышленной экосистемой. Другими словами, эко-индустриальный парк имеет максимальные возможности со временем превратиться к промышленную экосистему, чем нежеле, например, кластер или технопарк. При этом фактор наличия особого экономического режима и другие меры поддержки, используемые, например, в особых экономических зонах (ОЭЗ)¹⁸⁰ и территориях опережающего развития (ТОР)¹⁸¹, не играют существенной роли. В промышленных экосистемах, также как и в эко-индустриальных парках¹⁸², льготы, меры поддержки резидентов (акторов) могут присутствовать, но по умолчанию не подразумеваются¹⁸³.

Первый пилотный проект ЮНИДО по эко-промышленным паркам был реализован в 2010 году в Индии, в штате Гуджарат (Gujarat – самый западный штат Индии, где находится пять крупнейших городов-миллионников страны). Эко-индустриальный парк вырос в промышленной зоне Вадодара-Анклешваре и Dahej (инвестиционный регион нефтяной, химической и нефтехимической промышленности)¹⁸⁴.

Один из наиболее успешных действующих эко-индустриальных парков в Китае – это Шэньянская зона развития¹⁸⁵, учрежденная Фондом содействия «круговой экономике» (внедрению замкнутых экономических циклов) с общей стоимостью 4,8 млн долларов США для поддержки важнейших проектов, направленных на развитие промышленного симбиоза. Основная часть инвестиций

¹⁸⁰ Гасумянова А. В. Правовой режим предпринимательства в особых экономических зонах: понятие и отличительные признаки // Известия Российского государственного педагогического университета им. АИ Герцена. – 2008. – №. 61. – С. 73-81.

¹⁸¹ Погребняк Е. Ю. Эволюция и особенности СЭЗ (ОЭЗ) и ТОР в России и мире // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017. – №. 7 (101). – С. 25.

¹⁸² Муковнина Е. Ю. Ключевые особенности индустриальных парков в сравнении с другими формами производственной инфраструктуры // Проблемы социально-экономической устойчивости региона. – 2021. – С. 85-90.

¹⁸³ Индустриальные парки – актуальный инструмент поддержки инвестиций. АльтИнвест. <https://www.alt-invest.ru/lib/industrialnyj-parki/>.

¹⁸⁴ Эко-индустриальные парки: обеспечение всеобщего процветания и защиты окружающей среды. ЮНИДО. 2017. <https://www.unido.org/news/eco-industrial-parks-creating-shared-prosperity-and-safeguarding-environment>.

¹⁸⁵ Shenyang Development Area. <http://www.shenyang.gov.cn/english/>.

направлена на поддержку государственной инфраструктуры в эко-индустриальном парке в отношении систем водоснабжения, газопроводов и тепловых насосов. Это привело к повышению конкурентоспособности компаний, снижению потребления ресурсов, уменьшению зависимости от угля и увеличению объема продаж за счет «зеленого» и сегментного маркетинга¹⁸⁶.

Первый Вьетнамско-Сингапурской Индустриальный Парк¹⁸⁷ успешно внедряет «зеленые» технологии в деятельность своих акторов – компаний Procter & Gamble Indochina, Uchiyama, Yakult, Esquel Garment, MHE Demag Vietnam, Takako и Estec¹⁸⁸.

В качестве яркого примера эко-индустриального парка, функционирующего в начале как сеть промышленного симбиоза и со временем превратившегося в промышленную экосистему, является кейс датского эко-индустриального парка Калуннборг (Kalundborg¹⁸⁹). Калуннборг признан первым промышленным симбиозом в мире и считается примером лучшей практики, вызывая широкий интерес со стороны многих заинтересованных сторон. Подробнее опыт Калуннборга будет рассмотрен далее в параграфе 4.1 настоящего исследования.

Стоит отметить, что в литературе встречается ряд терминов, тесно связанных с промышленными экосистемами, подчеркивающих их междисциплинарный

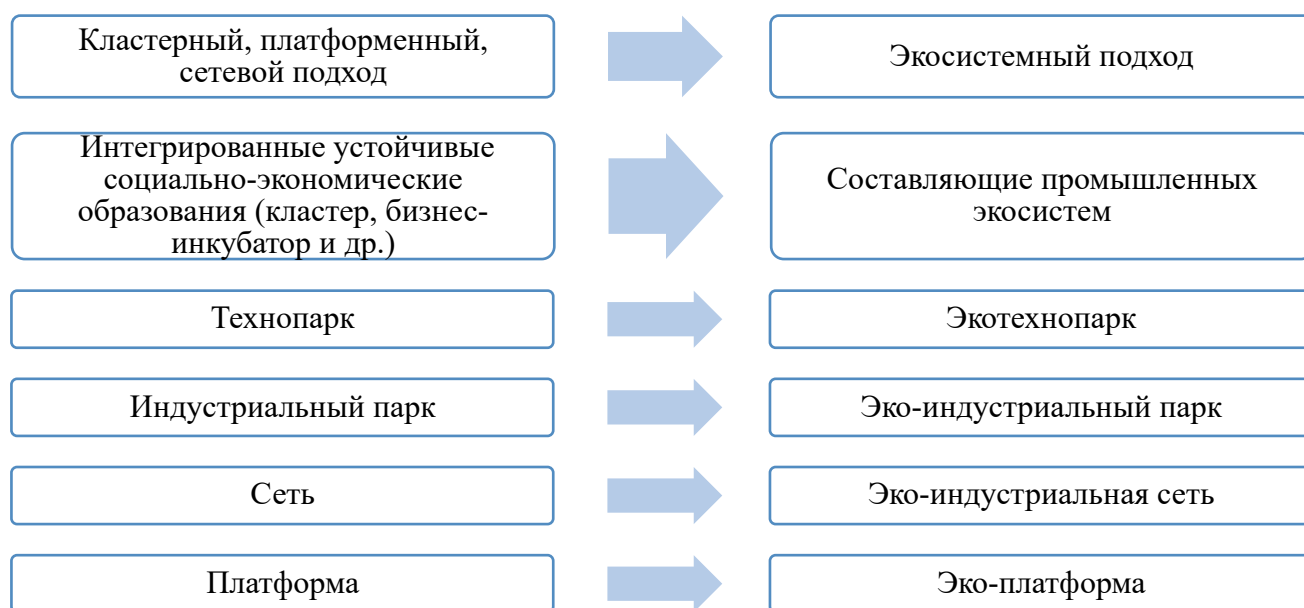
¹⁸⁶ Эко-индустриальные парки: обеспечение всеобщего процветания и защиты окружающей среды. ЮНИДО. 2017. <https://www.unido.org/news/eco-industrial-parks-creating-shared-prosperity-and-safeguarding-environment>.

¹⁸⁷ Vietnam Singapore Industrial Park I. <https://www.vsip.com.vn>.

¹⁸⁸ ECONOMIC ZONES IN THE ASEAN. INDUSTRIAL PARKS, SPECIAL ECONOMIC ZONES, ECO INDUSTRIAL PARKS, INNOVATION DISTRICTS AS STRATEGIES FOR INDUSTRIAL COMPETITIVENESS. UNIDO COUNTRY OFFICE IN VIET NAM AUGUST 2015. https://www.unido.org/sites/default/files/2015-08/UCO_Viet_Nam_Study_FINAL_0.pdf.

¹⁸⁹ Kalundborg Eco-industrial Park. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Kalundborg_Eco-industrial_Park. Kalundborg Symbiosis. <http://www.symbiosis.dk/en/>.

характер, например, «инновационно-активные кластеры»¹⁹⁰, «экоплатформы»¹⁹¹, «эко-индустриальные парки»¹⁹² и т.д. Трансформация терминологии в рамках концепции промышленных экосистем представлена на рисунке 2.18. Изменение терминологического аппарата подтверждает факт трансформации линейных типов промышленных экосистем в их более зрелые формы (второго или третьего типа согласно вышеприведенной классификации промышленных экосистем трех типов).



Источник: составлено автором

Рисунок 2.18 – Трансформация терминологии в рамках концепции промышленных экосистем

¹⁹⁰ Глухов В. В. и др. Методология формирования и развития промышленных и инновационно-активных кластеров // Устойчивое развитие цифровой экономики и кластерных структур: теория и практика. – 2020. – С. 599-622.

Бабкин А. В. и др. Устойчивое развитие инновационно-активных промышленных предприятий и кластеров на основе экологизации. – 2021.

Достовалова А. С. ИННОВАЦИОННО-АКТИВНЫЕ КЛАСТЕРЫ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ // Молодые исследователи-регионам. – 2019. – С. 85-86.

Полякова Н. П., Гурова К. С. ИННОВАЦИОННО-АКТИВНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ КЛАСТЕР КАК НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ // ВЫЗОВЫ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ: ИТОГИ И НОВЫЕ ТРЕНДЫ. – 2019. – С. 410-414.

¹⁹¹ Промышленная экология: цифровая трансформация производственной деятельности. <https://skillscenter.ru/industrial-ecology-digital-transformation-of-industrial-activity/>.

¹⁹² Титова Н. Ю. Опыт развития эко-индустриальных парков АТР как ориентир внедрения циркулярной экономики в РФ // Ойкумена. Регионоведческие исследования. – 2020. – №. 3 (54).

Отличия экосистемы от кластера, от сетей, от платформ, от бизнес-инкубаторов подробно рассмотрено в работах Г.Б. Клейнера, например в проекте, поддержанном и финансируемом РНФ в 2019-2021 годах¹⁹³. Кластерные формы рассматриваются Г.Б. Клейнером как организационные (структурные) компоненты экосистемы; платформы – как инфраструктурные составляющие; сети – как бизнес-процессные составляющие, а бизнес-инкубаторы – как инновационные составляющие экосистемы¹⁹⁴. Компонент в данном контексте рассматривается как дискретный актор или инфраструктура, которые можно считать активом или составной частью промышленной экосистемы. Таким образом, кластеры, сети, платформы и бизнес-инкубаторы являются основными компонентами промышленных экосистем.

Кроме того, следует различать промышленные экосистемы и различные объекты инновационной инфраструктуры:¹⁹⁵ индустриальные парки, технопарки, кластеры (в том числе, инновационно-территориальные кластеры (ИТК), промышленные кластеры Минпромторга), особые экономических зоны промышленно-производственного, технико-внедренческого типов, технологические платформы, наноцентры, сертификационные центры и испытательные лаборатории, бизнес-инкубаторы, центры информационной и консалтинговой инфраструктуры, региональных центры инжиниринга, акселераторы, центры трансфера технологий, центры коллективного пользования, территории опережающего социально-экономического развития. Все перечисленные объекты инновационной инфраструктуры могут стать составляющими национальной или региональной промышленной экосистемы¹⁹⁶.

¹⁹³ Системная оптимизация структуры современной экономики: экосистемы, кластеры, сети, бизнес-инкубаторы, платформы. Проект РНФ 19-18-00335. Руководитель – д.э.н. Г.Б. Клейнер. <https://rscf.ru/project/19-18-00335/>.

¹⁹⁴ Клейнер Г. Б. Экономика экосистем: шаг в будущее //Экономическое возрождение России. – 2019. – №. 1 (59). – С. 40-45.

¹⁹⁵ Петриков А.В. Организация функционирования национальной инновационной инфраструктуры в условиях цифровизации. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2019.

¹⁹⁶ Геоинформационная система. Индустриальные парки, технопарки, кластеры. ГИСП. <https://gisip.gov.ru/gisip/>.

Инфраструктура промышленной экосистемы рассматривается как система объектов, оборудования и услуг, необходимых для функционирования и экосистемного развития. Инфраструктура промышленной экосистемы – это реляционная концепция: ресурс становится инфраструктурой, когда он необходим для предоставления услуги, которая иначе не могла бы быть предложена¹⁹⁷.

В условиях технологических цифровых трансформаций создаются так называемые «цифровые кластеры» – кластеры с отдельной моделью управления, которые могут быть встроены в промышленные экосистемы. Таким примером практической реализации и создания цифровых кластеров является Ростелеком, создавший в подчинении у корпоративного центра пять цифровых кластеров (ЦОД и облачные сервисы; информационная безопасность; цифровые регионы; государственные цифровые услуги и сервисы; цифровая медицина). Создание цифровых кластеров прописано в сегментно-кластерной модели Ростелекома в рамках Стратегии развития на период 2021-2025 гг.¹⁹⁸. В ноябре 2021 года Ростелеком актуализировал видение развития цифровых кластеров и представил сценарий ускорения развития цифровых кластеров с потенциалом роста стоимости более 300 млрд рублей¹⁹⁹.

Кроме этого, составляющими промышленной экосистемы могут стать акторы национальной инновационной экосистемы – научно-образовательные центры мирового уровня (НОЦ), научные центры мирового уровня (НЦМУ), инновационные научно-технологические центры (ИНТЦ), Центры компетенций НТИ и иные исследовательские центры²⁰⁰.

Tolstykh T.O., Shkarupeta E.V., Shishkin I.A., Dudareva O.V., Golub N.N. EVALUATION OF THE DIGITALIZATION POTENTIAL OF REGION'S ECONOMY / Advances in Intelligent Systems and Computing (см. в книгах). 2018. Т. 622. С. 736-743.

¹⁹⁷ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Основные положения и словарь. Quality management systems. Fundamentals and vocabulary. Дата введения 2015-11-01. <https://docs.cntd.ru/document/1200124393>.

¹⁹⁸ Шкарупета Е. В., Дударева О. В., Нетьяга Н. Н. Развитие экосистем на основе платформенной концепции // Стратегическое управление развитием цифровой экономики на основе умных технологий. – 2021. – С. 424-442.

¹⁹⁹ «Кластерный прорыв»: «Ростелеком» ускорит развитие цифрового сегмента. 16.11.2021. https://www.company.rt.ru/press/news_ir/news/d461143/.

²⁰⁰ Середа Е.И. Управление научно-технологическим развитием национальной инновационной системы. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2020.

Промышленная экосистема отличается от указанных форм интеграции по признакам стремления к устойчивости, способности экосистемы успешно развиваться без внешнего влияния или помощи, отсутствия барьеров для входа, непостоянного и меняющегося состава акторов, сильных кросс-функциональных и кросс-отраслевых коммуникаций, самоорганизации и самововлечения, эволюции и прочих²⁰¹.

Концептуальные различия кластерного и экосистемного подходов также рассматриваются Т. Толстых, Н. Шмелевой, Ю. Вертаковой и В. Плотниковым²⁰². Ученые провели сравнительный анализ кластерного и экосистемного подходов по критериям координационного механизма, целей сотрудничества, границ объединения акторов, характера отношений между акторами и т.д. В результате сделан вывод, что «самоорганизация, отсутствие управленческих институтов и интеллектуальная среда являются основными отличиями между промышленной экосистемой и кластерами или сетями»²⁰³. В целом соглашаясь с этим утверждением, можно добавить, что кластеры, технопарки, платформы и сети ориентированы на достижение полной циркулярности на основе промышленного симбиоза, а промышленные экосистемы – более ориентированы на достижение устойчивости, чем циркулярности.

На взгляд автора, между разными организационными составляющими и самими промышленными экосистемами наблюдается ряд отличий по аналогии с отличиями между циркулярной экономикой и концепцией устойчивого развития. Как было отмечено выше, циркулярная экономика в основном сосредоточена на экономическом процветании, а затем на качестве окружающей среды, в то время

²⁰¹ Солдак М. А. Промышленные экосистемы и технологическое развитие // Экономика промышленности. – 2019. – №. 4 (88).

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.

Попов Е. В., Симонова В. Л., Тихонова А. Д. Сетевой потенциал фирмы в условиях цифровизации экономической деятельности // Журнал экономической теории. – 2020. – Т. 17. – №. 1. – С. 117-129.

²⁰² Tolstykh T. et al. The entropy model for sustainability assessment in industrial ecosystems // Inventions. – 2020. – Т. 5. – №. 4. – С. 54.

²⁰³ Tolstykh T. et al. The entropy model for sustainability assessment in industrial ecosystems // Inventions. – 2020. – Т. 5. – №. 4. – С. 54.

как социальная справедливость и будущие поколения практически не упоминаются. То есть ценностный подход не характерен для циркулярной экономики, в отличие от концепции устойчивого развития. Такую же аналогию можно провести, разграничивая организационные составляющие и промышленную экосистему.

Другие отличительные особенности промышленной экосистемы отражены на рисунке 2.19.



Источник: составлено автором

Рисунок 2.19 – Особенности промышленных экосистем

Таким образом, *сущность промышленной экосистемы* следует рассматривать в виде эмерджентной модели промышленной деятельности, на основе которой функционирует локализованная сложная эволюционирующая когерентная сеть множественных акторов, не управляемых иерархически, действующих одновременно в логике автономности и взаимосвязанности, самоорганизации и гомеостаза, отличающихся своими убеждениями и принципами принятия решений, целью которых является достижение устойчивого развития и создание дополнительных ценностей для каждого актора текущего и будущего поколений на основе принципов промышленного симбиоза (мутуализации) и рециркуляции.

Мутуализм (мутуализация) – одна из форм симбиоза в биологии, наряду с паразитизмом и комменсализмом. В контексте промышленных экосистем и промышленного симбиоза именно мутуализм как полезные для обоих видов отношения приобретает особую актуальность.

В рамках настоящего исследования цель создания промышленной экосистемы направлена не просто на сокращение или избавление от потоков и замены входных и выходных ресурсов (полной циркулярности), а на создание совместной экосистемной ценности на основе эмерджентности поведения²⁰⁴ акторов.

Таким образом, стоит отметить, что целенаправленное, намеренное создание промышленной экосистемы – процесс крайне сложный и долговременный.

²⁰⁴ Эмерджентное поведение – функции и цели, выполняемые и осуществляемые системой, которые не содержатся ни в одном из ее компонентов. Источник: Maier M. W. Architecting principles for systems-of-systems //Systems Engineering: The Journal of the International Council on Systems Engineering. – 1998. – Т. 1. – №. 4. – С. 267-284.

2.2 Конвергентная концепция устойчивого развития промышленных экосистем в условиях перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0

Сегодня, когда технологии становятся неотъемлемой частью современного бизнеса, коренным образом изменяя принципы работы компаний, нельзя оставаться в стороне от происходящих тенденций. В настоящих условиях актуальными становятся теоретико-эмпирические вопросы, связанные с текущим и будущим состоянием промышленных систем до, во время и после цифровой трансформации²⁰⁵.

При этом цифровая трансформация является третьей стадией происходящих изменений в видении, бизнес-процессах и бизнес-моделях, обусловленных курсом на цифровую экономику. Первой стадией, уже реализованной, является так называемая «оцифровка» (перевод аналоговых данных в цифровые данные). Вторая стадия – цифровизация – подразумевает внедрение цифровых, в том числе сквозных, технологий. И вот на третьей стадии – цифровой трансформации – происходят глубинные изменения с получением дополнительных конкурентных преимуществ и ценности.

Некоторые источники синонимизируют понятия «цифровизация» и «цифровое развитие», что, например, наблюдается в Приказе Минкомсвязи России 2018 года²⁰⁶. Однако в условиях достижения устойчивого развития

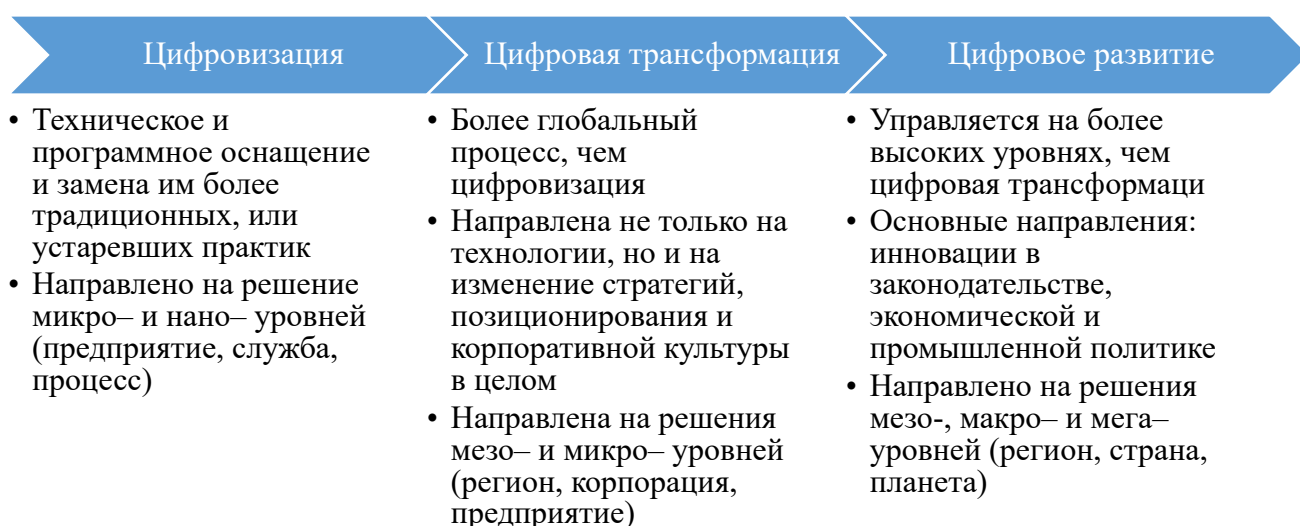
²⁰⁵ Дударева О.В., Шкарупета Е.В. Концептуальные аспекты цифровой трансформации промышленных экосистем / В сборнике: Цифровая экономика, умные инновации и технологии. Сборник трудов Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с зарубежным участием. Санкт-Петербург, 2021. С. 64-66.

Дударев Д.Н., Дударева О.В. Концептуальные положения цифровой трансформации промышленных экосистем / В сборнике Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: материалы Международной научно-практической конференции, 15 октября 2021 года, г. Красноярск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – 119 с. – С. 101-103.

²⁰⁶ Цифровизация (цифровое развитие) – «процесс организации выполнения в цифровой среде функций и деятельности (бизнес-процессов), ранее выполнявшихся людьми и организациями без использования цифровых продуктов». *Источник:* Приказ Минкомсвязи России от 01.08.2018 № 428 "Об утверждении Разъяснений (методических рекомендаций) по разработке региональных проектов в рамках федеральных проектов национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации"

промышленными экосистемами целесообразнее цифровое развитие рассматривать как последовательно-параллельную реализацию двух этапов – и цифровизации, и цифровой трансформации, но на более высоком уровне.

Сравнительный анализ цифровизации, цифровой трансформации и цифрового развития представлен на рисунке 2.20.



Источники:²⁰⁷

Рисунок 2.20 – Сравнительный анализ цифровизации, цифровой трансформации и цифрового развития

На уровне экосистемы возможно и целесообразно говорить о цифровизации и цифровой трансформации ее составляющих и о цифровом развитии экосистемы в целом.

Цифровое развитие происходит в промышленных экосистемах на основе концепции Индустрия 4.0. (в оригинале – Industrie 4.0) – программы, запущенной в Германии в 2011 году.

Индустрия 4.0, или четвертая промышленная революция – это использование

²⁰⁷ Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием. Москва, 2019.

Руководство по цифровой трансформации производственных предприятий. Москва, 2019.

Положение об управлении проектами цифровой трансформации в сфере государственного управления. 2020.

цифровых технологий в производственном процессе для производства товаров более высокого качества при снижении затрат. Несмотря на то что развитие электроники и информационных технологий привело к автоматизации производственных процессов с начала 1960-х годов, только последние достижения в области цифровых технологий начинают расширять сферу их применения²⁰⁸.

Ожидается, что мировой рынок Индустрии 4.0 достигнет 165,5 млрд долларов США к 2026 году и будет расти с темпами прироста чуть выше 20,6% в период с 2021 по 2026 год. Индустрия 4.0 означает использование интегрированной системы, которая состоит из средств автоматизации, роботизированного управления и коммуникаций.

Ключевые факторы, стимулирующие рост рынка Индустрии 4.0, включают быстрое внедрение искусственного интеллекта (AI) и Интернета вещей (IoT) в производственном секторе, увеличение спроса на промышленных роботов, рост государственных инвестиций в аддитивное производство и растущее внедрение технологии блокчейн в обрабатывающей промышленности²⁰⁹. Индустрия 4.0 обладает большим потенциалом и, как ожидается, зарегистрирует значительный рост в ближайшем будущем²¹⁰.

Как отмечено в исследовании 2021 года Statista²¹¹, в настоящее время компании получают значительные выгоды в виде снижения затрат, повышения эффективности, увеличения выхода продукции, массовой персонализации и, что особенно важно, новых доходов и бизнес-моделей. Цифровые технологии нарушают все элементы цепочки создания стоимости, включая проектирование продукции, цепочку поставок, производство и работу с клиентами, а также создают новые бизнес-модели.

²⁰⁸ Dudareva O., Kostyukhin Y., Savon D., Sidorova E., Vikhrova N. Current Problems of Digitalization in Russia: Lessons from De-Industrialization and Re-Industrialization. Proceedings of the 37th International Business Information Management Association Conference, IBIMA. Spain, 2021. С. 8922-8925.

²⁰⁹ Дударева О.В. Особенности оценки инвестиционных проектов предприятий машиностроения при предоставлении мер государственной поддержки // Организатор производства. 2015. № 3 (66). С. 89-97.

²¹⁰ 2nd IFSA Winter Conference on Automation, Robotics & Communications for Industry 4.0 (ARSI' 2022) 2 – 3 February 2022. Conference Programme. Message from Chairman.

²¹¹ In-depth: Industry 4.0 2021. Statista Digital Market Outlook. June 2021.

Мировые гиганты производства, такие как Германия, Франция, США, Япония и континентальный Китай, выступили с поддерживаемыми государством стратегическими инициативами по цифровизации производства в различных отраслях.

В России цифровое развитие промышленных экосистем реализуется в контексте Национальной Технологической Инициативы (НТИ)²¹², Стратегии научно-технологического развития²¹³, государственной программы научно-технологического развития²¹⁴, системы национальных²¹⁵, федеральных²¹⁶ и ведомственных проектов²¹⁷, Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их цифровой зрелости²¹⁸ и т.д.

Несмотря на то что в настоящее время существует множество технологий, играющих ключевую роль в цифровом развитии промышленных экосистем, возможно выделить пять ключевых: аддитивное производство, искусственный интеллект (AI), робототехнику, Интернет вещей (IoT) и промышленный Интернет

²¹² Постановление Правительства РФ от 18.04.2016 № 317 «О реализации Национальной технологической инициативы» в редакции от 01.07.2021. <https://nti2035.ru/documents/Normative/>.

²¹³ Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. <http://kremlin.ru/acts/bank/41449>.

²¹⁴ Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 г. N 377 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Научно-технологическое развитие Российской Федерации". <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>.

²¹⁵ Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». <http://government.ru/info/35568/>.

²¹⁶ Федеральный проект «ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ». <https://digital.ac.gov.ru/poleznaya-informaciya/material/Паспорт-федерального-проекта-Цифровые-технологии.pdf>.

Федеральный проект «ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА». <https://digital.ac.gov.ru/poleznaya-informaciya/material/Паспорт-федерального-проекта-Информационная-инфраструктура.pdf>.

Федеральный проект «ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ». <https://digital.ac.gov.ru/poleznaya-informaciya/material/Паспорт-федерального-проекта-Информационная-безопасность.pdf>.

Федеральный проект «НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ». <https://digital.ac.gov.ru/poleznaya-informaciya/material/Паспорт-федерального-проекта-Нормативное-регулирование-цифровой-среды.pdf>.

Федеральный проект «ЦИФРОВОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ». <https://digital.gov.ru/uploaded/files/pasport-federalnogo-proekta-tsifrovoe-gosudarstvennoe-upravlenie.pdf>.

Федеральный проект «КАДРЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ». <https://digital.gov.ru/uploaded/files/pasport-federalnogo-proekta-kadryi-dlya-tsifrovoj-ekonomiki.pdf>.

²¹⁷ Ведомственный проект «ЦИФРОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ». <https://digital.gov.ru/uploaded/files/vedomstvennyij-proekt-tsifrovaya-promyshlennost.pdf>.

²¹⁸ Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их "цифровой зрелости" до 2024 года и на период до 2030 года (утв. Минпромторгом РФ). https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_390587/.

вещей (IIoT), дополненную и виртуальную реальности (AR/VR). Искусственный интеллект, роботы и интернет вещей – самые востребованные цифровые технологии среди компаний в настоящее время. Эти же технологии имеют наибольший потенциал для роста в ближайшие два года. Также ожидается более активное использование технологии «цифровых двойников» и по-настоящему взрывной рост для технологии Process Mining²¹⁹.

Цифровизация производства в различных отраслях привела к появлению моделей доходов, основанных на услугах, в дополнение к уже существующим моделям, основанным на продукции. Цифровые технологии также привели к наступлению эры индивидуального, кастомизированного подхода при гораздо меньших затратах как в сегментах B2C, так и B2B. За последние несколько лет мировые производители начали переносить свои производственные центры из стран с низкими ценами ближе к потребителю. Кроме того, особое внимание уделяется созданию гибкого и адаптивного производственного процесса за счет использования модульных систем, которые способны изменяться в кратчайшие сроки²²⁰.

Цифровые технологии все больше адаптируются для удовлетворения потребностей различных отраслей промышленности, при этом максимальное применение цифровых технологий наблюдается в автомобилестроении, здравоохранении, аэрокосмической и оборонной промышленности, химической промышленности и производстве потребительских товаров. Фактически автомобильная промышленность была лидером среди всех отраслей по темпам внедрения цифровых технологий в 2020 году и выиграла от сокращения времени выхода на рынок и затрат. В отрасли аэрокосмической и оборонной промышленности также наблюдаются одни из самых высоких темпов внедрения цифровых технологий, благодаря сложности цепочки создания стоимости. Несмотря на то что химическая промышленность и производство потребительских товаров расцветают с опозданием, они уже не только трансформируют

²¹⁹ Digital IQ, 2020.

²²⁰ In-depth: Industry 4.0 2021. Statista Digital Market Outlook. June 2021.

производство, но и создают интеллектуальные цепочки поставок и новые бизнес-модели²²¹.

Цифровизация касается не только промышленных гигантов и крупных промышленных комплексов, интегрированных структур. Малый бизнес, стартапы также заинтересованы в цифровизации и цифровом развитии. Например, стартап CausaLens²²² – это искусственный интеллект, который создаёт прогнозы на основе исторических данных и решает проблему «черного ящика», когда люди уже физически не в состоянии угнаться за мышлением машины. Разработчики уже сами не понимают, что привело искусственный интеллект к тому или иному прогнозу. CausaLens создает подробные отчеты, в которых описывает понятным человеку образом, как именно пришел к своим выводам в процессе работы.

Например, технология CausaLens уже применялась одним из государственных агентств здравоохранения. Регулятор использовал ИИ, чтобы определить, почему некоторые люди воздерживаются от вакцинации против коронавируса. Получив интерпретированные данные, организация смогла адаптировать информационную кампанию по вакцинации.

Крупные производственные компании, такие как ABB, OMRON Corporation, Schneider Electric, Siemens, STEngineering, Teradyne и Tesla, приобретают небольшие компании, чтобы использовать их технологический опыт и снизить кривую обучения²²³.

Компании из различных областей, включая информационные технологии, автомобилестроение, тяжелое машиностроение, оборонную промышленность, химическую промышленность, спорт и товары личного пользования, используют передовые технологии цифровой автоматизации для достижения своих бизнес-целей. Такие компании, как Pivotal, предоставляют программные приложения для

²²¹ Дударева О.В., Аракчеев Д.В., Дударев Д.Н. Концептуальные аспекты перехода к умному производству в условиях цифровизации // Организатор производства. 2020. Т. 28. №4. С. 7-15.

²²² Lunden I. CausaLens gets \$45M for no-code technology that introduces cause and effect into AI decision making. 2022. https://techcrunch.com/2022/01/28/causalens-gets-45m-for-no-code-technology-that-introduces-cause-and-effect-into-ai-decision-making/?_guc_consent_skip=1644167563.

²²³ In-depth: Industry 4.0 2021. Statista Digital Market Outlook. June 2021.

работы с большими данными, Интернетом вещей (IoT), робототехникой и подключенными автомобилями, а калифорнийская компания Anaplan предоставляет облачные платформы для планирования и прогнозирования в облаке. Автомобильные компании Audi и BMW используют технологии цифрового производства, такие как 3D-печать, беспилотники-помощники, автоматизированные управляемые транспортные средства (AGV) и автономные буксировочные поезда для сокращения времени, затрачиваемого на проектирование, создание прототипов и производство²²⁴.

Пятая промышленная революция, Индустрия 5.0²²⁵, ориентирована не только на цифровую трансформацию, а в большей степени на коммуникацию людей и созданных цифровых технологий²²⁶.

В условиях внедрения человекоцентричных цифровых технологий особое значение приобретают киберфизические экосистемы (CPES, Cyber Physical Ecosystems) – экосистемы нового уровня, эволюционирующие на принципах устойчивого развития в условиях перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0, с высоким уровнем конвергенции социоэкосистем (socio-ecosystems, SES) и технологических экосистем²²⁷. Промышленная киберфизическая экосистема определяет трансформацию производственных отношений акторов промышленной экосистемы на основе гармоничного сосуществования традиционных и цифровых производственных моделей.

²²⁴ In-depth: Industry 4.0 2021. Statista Digital Market Outlook. June 2021.

²²⁵ Manganello K. Will Industry 5.0 really be revolutionary? URL: <https://www.thomasnet.com/insights/will-industry-5-0-really-be-revolutionary/>.

Бабкин А. В., Федоров А. А., Либерман И. В., Клачек П. М. Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие // Экономика промышленности. – 2021. – Т. 14. – №. 4. – С. 375-395.

Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. Интеллектуальная киберсоциальная экосистема индустрии 5.0: понятие, сущность, модель // Экономическое возрождение России. 2021. № 4 (70). С. 39-62.

²²⁶ Дударева О.В., Шкарупета Е.В. Инструментарий интеллектуальной цифровой трансформации / В сборнике Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: материалы Международной научно-практической конференции, 15 октября 2021 года, г. Красноярск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – 119 с. – С. 117-119.

²²⁷ Nahavandi S. Industry 5.0—A human-centric solution // Sustainability. – 2019. – Т. 11. – №. 16. – С. 4371.

Голов Р. С., Мыльник В. В., Паламарчук А. Г. "Индустрия 5.0" как основа развития высокотехнологичной промышленности // Экономика и управление в машиностроении. – 2018. – №. 6. – С. 8-11.

Конвергенция устойчивого и цифрового развития промышленных экосистем в условиях перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0 порождает не только технологические трансформации, но и стимулирует новые направления актуальных научных исследований. К такому направлению следует отнести *эконотронику*²²⁸, представляющую собой раздел социальных наук о динамике развития экономических институтов взаимодействия между акторами и обществом посредством цифровых технологий.

Систематизация рассмотренных выше концепций и их аспектов представлена на рисунке 2.21 в виде конвергентной концепции устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

Концепция устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций представляет собой «устойчивую связную совокупность научных взглядов, позволяющую ученым как минимум двух поколений ставить проблемы, планировать и проводить исследования для их решения»²²⁹.

²²⁸ Попов Е. В. Эконотроника // Экономика региона. – 2018. – Т. 14. – №. 1.

Попов Е. Эконотроника. Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Уральский институт управления. Тюмень, 2020.

Плетнев Д. А. Эконотроника и институты (рецензия на монографию ЕВ Попова) // Вестник Челябинского государственного университета. – 2021. – №. 6. – С. 229-232.

Ерзнкян Б. А. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОНОТРОНИКА // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018). – 2018. – С. 192-195.

Ропов Е. V. Econotronics // Ekonomika regiona. – 2018. – №. 1. – С. 13.

²²⁹ Розов Н. С. Философия и теория истории. Книга первая. Прологомены // Логос. – 2002. <https://nsu.ru/filf/rozov/publ/fti/sod.htm>.



Источник: составлено автором

Рисунок 2.21 – Конвергентная концепция устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций

Концепция устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций включает:

- теорию экосистем (п. 1.3 настоящего исследования);
- целый комплекс концепций²³⁰ (п. 2.1 настоящего исследования): устойчивого развития, ВУПР, циркулярной экономики, промышленных экосистем, Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0;

²³⁰ Концепция – «предтеория, не достигшая еще строгой дедуктивной структуры, соответствующей объяснительно-предсказательной силы». Цит. по: Розов Н. С. Философия и теория истории. Книга первая. Прологомены //Порос. – 2002. <https://nsu.ru/filf/rozov/publ/fti/sod.htm>.

- схемы (понятия, связанные отношениями);
- модели;
- разного рода предпосылки и основания (гносеологические, онтологические, ценностные), представленные в п. 1.2 настоящего исследования.

2.3 Сценарные циклы развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций

Рассматривая технологическую эволюцию, возможно выделить разные этапы и стадии жизненного цикла развития экосистем по аналогии с жизненным циклом изделия. Амплитуда количества этапов колеблется от трех (например, зарождение, рост и насыщение²³¹) до четырех этапов жизненного цикла развития экосистем: А – зарождение, В – рост (консолидация), С – зрелость и D – старение (насыщение, упадок)²³².

На взгляд автора, целесообразно этап роста (В) рассматривать с позиций стадии предварительного роста (готовность и консолидация ресурсов и усилий

²³¹ Liu C. Y., Wang J. C. Forecasting the development of the biped robot walking technique in Japan through S-curve model analysis //Scientometrics. – 2010. – Т. 82. – №. 1. – С. 21-36.

²³² Гумерова Г. И., Шаймиева Э. Ш. К вопросу о концепции жизненного цикла технологии //Инновации. – 2008. – №. 8.

Мартынов О. Ю. Жизненный цикл технологий в производстве наукоемкой продукции //Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2012. – №. 1. – С. 69-72.

Кононов В. Н. и др. Управление жизненными циклами промышленных технологий //Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2018. – №. 1.

Taylor M., Taylor A. The technology life cycle: Conceptualization and managerial implications //International journal of production economics. – 2012. – Т. 140. – №. 1. – С. 541-553.

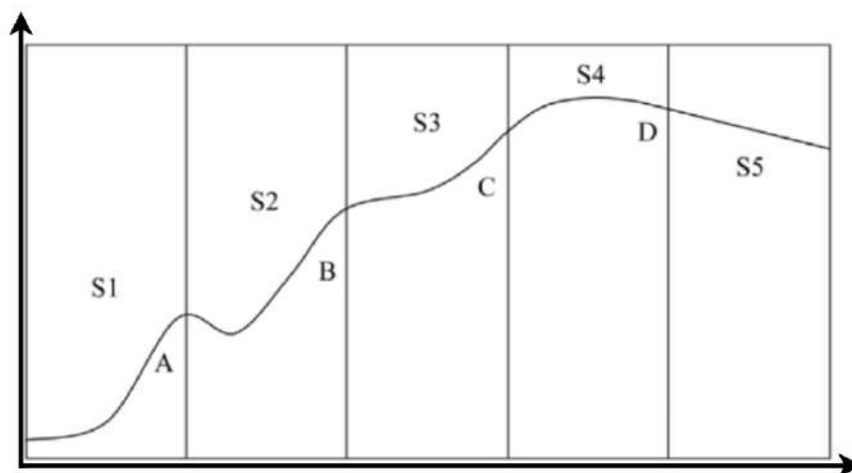
Gao L. et al. Technology life cycle analysis method based on patent documents //Technological Forecasting and Social Change. – 2013. – Т. 80. – №. 3. – С. 398-407.

Chanchetti L. F. et al. Technological forecasting of hydrogen storage materials using patent indicators //International Journal of Hydrogen Energy. – 2016. – Т. 41. – №. 41. – С. 18301-18310.

Jamali M. Y. et al. Analysis of photovoltaic technology development based on technology life cycle approach //Journal of Renewable and Sustainable Energy. – 2016. – Т. 8. – №. 3. – С. 035905.

Byun J., Sung T. E., Park H. W. Technological innovation strategy: how do technology life cycles change by technological area //Technology Analysis & Strategic Management. – 2018. – Т. 30. – №. 1. – С. 98-112.

перед рывком, прорывным развитием, S2) и стадии реального роста (S3)²³³. Тогда четырехэтапный жизненный цикл развития экосистем, в том числе и промышленных экосистем, (от A до D) может быть представлен пятистадийной кривой (от S1 до S5) (рисунок 2.22).



Источник:²³⁴

Рисунок 2.22 – Четыре этапа (A, B, C, D) и пять стадий (S1, S2, S3, S4, S5) жизненного цикла развития промышленных экосистем (по оси ординат – величина энтропии системы; по оси абсцисс – продолжительность жизненного цикла экосистемы в годах)

На рисунке 2.22 графически представлены следующие стадии жизненного цикла развития экосистем:

S1: стадия становления, соответствующая первому этапу зарождения, когда энтропия экосистемы равна нулю или находится около нуля;

S2: предварительная стадия роста, соответствующая второму этапу роста и консолидации, когда энтропия экосистемы в целом растет, но наблюдаются некоторые незначительные флуктуации, колебания;

S3: стадия реального роста, соответствующая второму этапу роста и

²³³ Делягин М., Фурсов А., Глазьев С. Стратегия «большого рывка». – Litres, 2022.

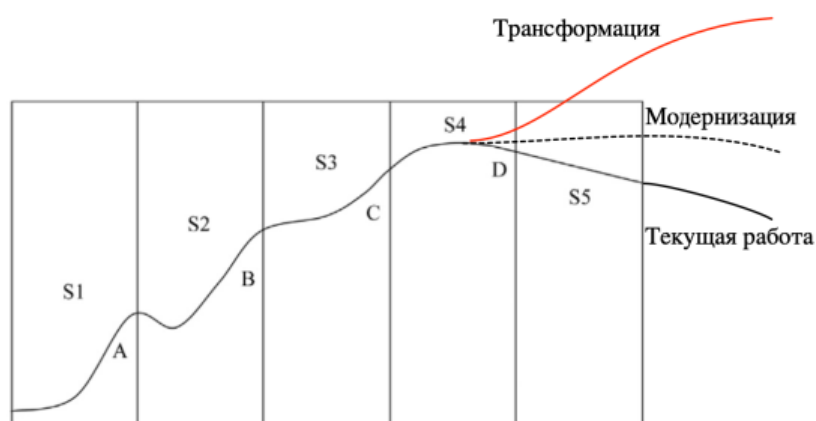
²³⁴ Lin D. et al. Using technological entropy to identify technology life cycle //Journal of Informetrics. – 2021. – Т. 15. – №. 2. – С. 101137.

консолидации, характеризующаяся монотонным и непрерывным увеличением энтропии экосистемы;

S4: стадия зрелости, соответствующая третьему этапу зрелости и насыщения, при которой энтропия достигает своего максимума и могут наблюдаться колебания энтропии около ее максимального значения;

S5: стадия спада, соответствующая четвертому этапу старения, насыщения и упадка, когда величина энтропии падает.

Для того чтобы предотвратить стадию спада на этапе зрелости, необходимо принять решение по трем сценарным вариантам дальнейшего развития события: при продолжении текущей работы стадия спада неизбежна, при проведении модернизации стадию спада возможно отсрочить, а при осуществлении ряда технологических трансформаций возможно кардинально изменить траекторию жизненного цикла, как показано на рисунке 2.23.



Источник: составлено автором

Рисунок 2.23 – Жизненный цикл развития промышленной экосистемы в сценариях продолжения текущей работы, модернизации и трансформации

Таким образом, под *трансформацией* автором понимается кардинальное изменение траектории создания, укоренения и развития промышленной экосистемы. Другими словами, *трансформационные изменения по своей сути являются не постепенными (эволюционными), а преобразовательными*

(революционными).

Основным драйвером технологических трансформаций является процесс *модуляризации*, позволяющий каждой последующей отрасли использовать все технологические прорывы предыдущих отраслей путем включения их достижений в качестве модулей в свою собственную. Например, наличие электроэнергии позволило появиться бытовой технике и развлечениям. Совсем недавно наличие Интернета обеспечило процветание персональных и мобильных компьютеров. В современном мире наличие вычислительной инфраструктуры способствует росту цифровых услуг и т.д.

Как показано в работе²³⁵, использование показателя энтропии для описания порядка патентных заявок по конкретной технологии позволяет определить этапы жизненного цикла различных технологий, что обеспечивает важнейшую основу для управления национальной политикой²³⁶, региональным планированием и инвестициями предприятий²³⁷. Такой подход может быть экстраполирован и на управление жизненным циклом развития промышленных экосистем в условиях

²³⁵ Lin D. et al. Using technological entropy to identify technology life cycle // Journal of Informetrics. – 2021. – Т. 15. – №. 2. – С. 101137.

²³⁶ Дударева О.В., Пузаков А.Г. Проблемы финансирования инновационной деятельности в России // Экономинфо. 2017. № 3. С. 55-58.

²³⁷ Дударева О.В. Разработка механизма повышения эффективности управления инвестициями в условиях цифровой экономики // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. № 5-1 (75). С. 204-207.

Шкарупета Е.В., Красникова А.В., Шишкин И.А., Дударева О.В. Верификация методики оценки инвестиционной привлекательности проекта внедрения ИТ на высокотехнологичном наукоемком предприятии // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 2 (68). С. 384-388.

Дударева О.В. Концепция формирования стратегии повышения эффективности инвестиционной деятельности // Экономинфо. 2014. № 22. С. 70-73.

Дударева О.В. Модель выбора стратегии повышения эффективности инвестиционной деятельности предприятия // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2014. Т. 10. № 4. С. 126-131.

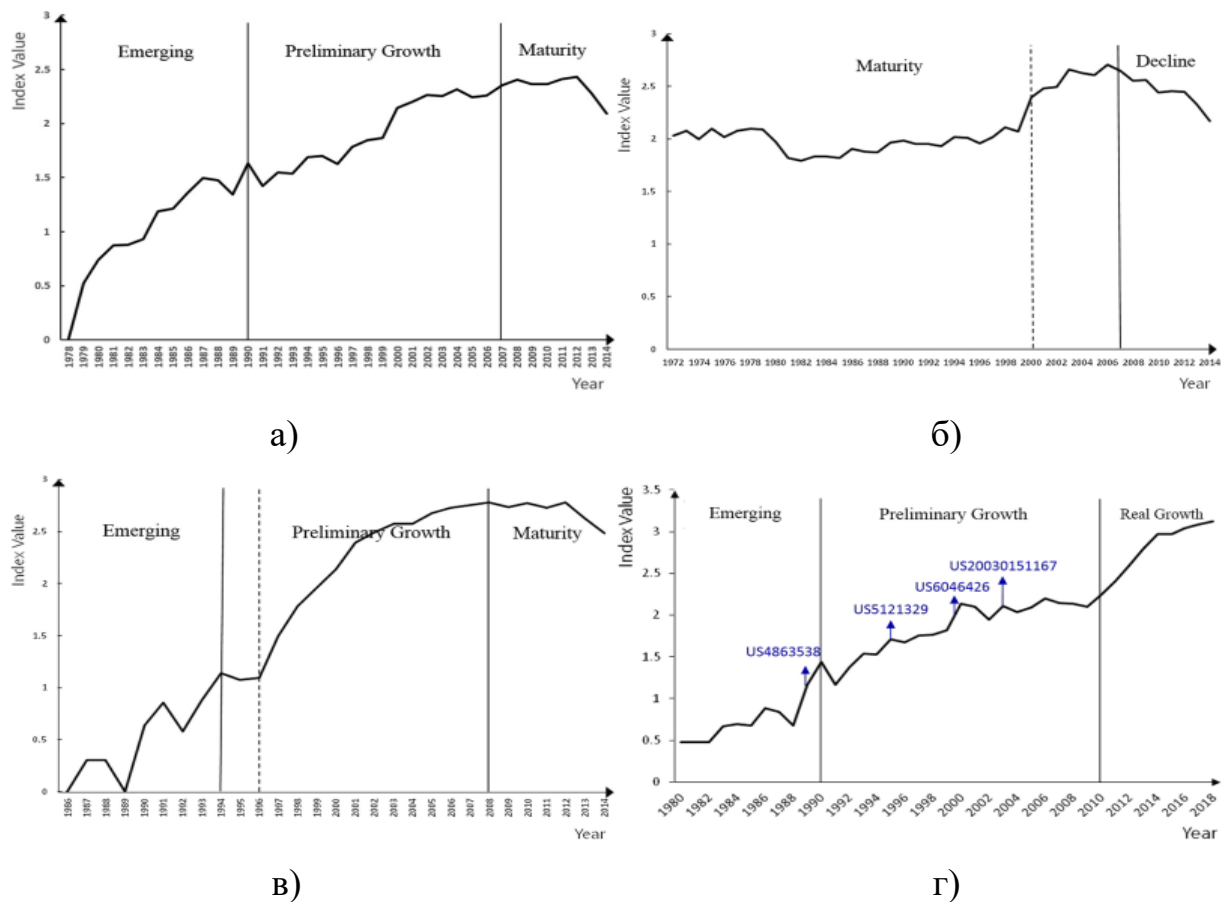
Красникова А.В., Фокина О.М., Дударева О.В. Методический подход к оценке инвестиционной привлекательности проекта внедрения информационных технологий // Экономика и предпринимательство. 2014. № 5-1 (46). С. 671-675.

Дударева О.В., Красникова А.В., Свиридова С.В. Инвестиционное проектирование. Учебное пособие / Воронеж, 2012.

Баркалова Е.М., Дударева О.В. Особенности системы бизнес-планирования на предприятии / В сборнике: Теория и методы развития экономики, организации производства и управления в условиях модернизации. Материалы внутривузовской научно-практической конференции. 2014. С. 62-64.

Дударева О.В. Модель процесса формирования системы ключевых показателей деятельности организаций банковской сферы // Экономика и бизнес: теория и практика. 2016. № 5. С. 64-67.

технологических трансформаций. На рисунке 2.24 представлены наглядные эмпирически подтвержденные циклы для четырех технологий (тонкопленочных транзисторных жидкокристаллических дисплеев, катодно-лучевых трубок, нанобиосенсоров и технологии 3D-печати).



Источник:²³⁸

Рисунок 2.24 – Жизненные циклы технологий: а) тонкопленочных транзисторных жидкокристаллических дисплеев (стадия зрелости); б) катодно-лучевых трубок (стадия упадка); в) нанобиосенсоров (стадия зрелости); г) технологии 3D-печати (стадия реального роста)

В качестве практических примеров реализации сценарных циклов устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических

²³⁸ Lin D. et al. Using technological entropy to identify technology life cycle //Journal of Informetrics. – 2021. – Т. 15. – №. 2. – С. 101137.

трансформаций можно привести опыт Финляндии и Дании, в университетах которых промышленные экосистемы на основе промышленного симбиоза изучаются с конца 1990-х годов²³⁹.

1. Промышленная экосистема в лесной промышленности Финляндии²⁴⁰ выстроена на основе рециклинга основных материальных потоков (древесины) (Приложение В, рисунок В.5), питательных веществ (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) (Приложение В, рисунок В.6), энергии (Приложение В, рисунок В.7) и углерода (Приложение В, рисунок В.8).

2. Промышленная экосистема энергосбережения Ювяскюля²⁴¹ (Jyväskylä – город в Финляндии) (Приложение В, рисунок В.9) выстроена на основе рециклинга внешних потоков топлива (в основном торфа, отходов лесопиления и лесного хозяйства), древесины и выходных потоков электроэнергии, централизованного тепла, пара, обратной воды (тепла) и т.д. Данная промышленная экосистема укрупненно включает восемь акторов: электростанцию, фанерный комбинат, котельную, пригородные домохозяйства, торговые и промышленные предприятия, бумажную фабрику, центр садоводства.

3. Экосистема на основе промышленного симбиоза Калуннборга (Kalundborg – город в Дании)²⁴² (Приложение В, рисунок В.10) выстроена на основе обменного кругооборота ресурсов материальных отходов, энергии, воды и информации. По сути, это эко-индустриальный парк, то есть потенциальная промышленная экосистема. Акторами экосистемы являются: электростанция, две крупные энергетические компании, компания по производству гипсовых плит, компания по

²³⁹ Shkarupeta E.V., Dudareva O.V. Practical Cases of Sustainable Development of Industrial Ecosystems / Topical Areas of Fundamental and Applied Research XXV. Publisher: Lulu Press, Inc. 627 Davis Drive, Suite 300, Morrisville, NC, USA 27560. 2021. Pp. 169-173.

²⁴⁰ Korhonen J., Wihersaari M., Savolainen I. Industrial ecosystem in the Finnish forest industry: using the material and energy flow model of a forest ecosystem in a forest industry system // Ecological Economics. – 2001. – Т. 39. – №. 1. – С. 145-161.

²⁴¹ Korhonen J. Industrial ecosystem: using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system. – University of Jyväskylä, 2000. – №. 5.

²⁴² Kalundborg Eco-industrial Park. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Kalundborg_Eco-industrial_Park. Kalundborg Symbiosis. <http://www.symbiosis.dk/en/>.

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.

восстановлению почвы, фермеры, перерабатывающие предприятия, рыбные заводы, городской муниципалитет, компания по переработке отходов и городскому землеустройству.

Сложность состоит в том, что все рассмотренные экосистемы развивались на принципах самоорганизации, то есть «сами собой», из уже существующих промышленных структур и вокруг существующих факторов спроса и предложения. Масштабировать данный опыт создания и развития промышленных экосистем в других экосистемах будет крайне сложно, практически невозможно, поскольку не существовало намеренных усилий, управленческих воздействий или принципов проектирования для создания экосистем в целом. Поэтому также сложно вывести из этого опыта объективные функции, принципы и методы управления, которые можно было бы использовать в качестве общего паттерна для промышленных экосистем. Для каждой промышленной системы потребуется свое собственное исследование, поскольку ее характеристики являются системно-специфическими²⁴³.

Выводы по главе 2

В результате формирования концепции устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций развиты особенности устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций. Среди фундаментальных концепций, оказывающих первостепенное влияние на процессы развития экономических систем на современном этапе, выделены:

– конвергенция и глокализация концепций устойчивого развития, всеобщего устойчивого промышленного развития (ВУПР) и цифрового развития. Предложена

²⁴³ Korhonen J. Industrial ecosystem: using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system. – University of Jyväskylä, 2000. – №. 5.

хронология эволюции пяти этапов развития концепции устойчивого развития (*первый, вводный этап*: с конца 18 века до создания Римского клуба в 1968 году и Первой конференции ООН по окружающей человека среде в Стокгольме в 1972 году; *второй этап*: с 1973 года по 1987 год, в котором был впервые представлен истинный смысл устойчивого развития в докладе Брундтланд; *третий этап*: период после Брундтланд, ознаменован активизацией интереса к устойчивому развитию в 1990-е годы; *четвертый этап*: принятие Целей устойчивого развития в 2015 году и формирование современной повестки в области устойчивого развития до 2030 года; *пятый этап*: постпандемийное восстановление, намеченное на 2022-2024 годы. Систематизированы ключевые элементы, цели, принципы, основные направления преобразований в рамках концепции устойчивого развития. Представлены особенности всеобщего устойчивого промышленного развития (видение, принципы, основные направления, условия и факторы).

– концепция промышленных экосистем. Выделены два основных подхода к определению понятия промышленной экосистемы: на основе принципов промышленного симбиоза и как разновидность экономической системы. Сделан вывод, что именно промышленный симбиоз является основным отличительным признаком промышленной экосистемы, соединяет концепции промышленных экосистем и устойчивого развития. Выявлено, что в отличие от биологической, *промышленная экосистема не является полностью устойчивой*. Представлено классическое видение промышленной экосистемы Дж. Корхонена (2000 год), когда внутри промышленной экосистемы происходит кругооборот использования в сотрудничестве отходов, возобновляемых источников энергии и сырья. В зависимости от этого выделены три типа промышленных экосистем (молодая, комбинированная, зрелая). Отличительной особенностью промышленной экосистемы определена *пространственная, географическая локализация*. Наиболее объективными организационными формами проявления промышленных экосистем определены эко-индустриальные парки и сети промышленного симбиоза. При этом фактор наличия особого экономического режима и другие меры поддержки не играют существенной роли. В результате исследования

трансформации терминологии в рамках концепции промышленных экосистем определены отличия экосистемы от кластера, от сетей, от платформ, от бизнес-инкубаторов, от различных объектов инновационной инфраструктуры, от ОЭЗ, среди которых основными являются: стремление к устойчивости, способность экосистемы успешно развиваться без внешнего влияния или помощи, отсутствие барьеров для входа, непостоянный и меняющийся состав акторов, сильные кросс-функциональные и кросс-отраслевые коммуникации, самоорганизация, гомеостаз и самововлечение, коэволюция и т.д. В результате представлены особенности промышленных экосистем в части понятия, принципов, типов, основных составляющих, концепций, отличительных черт промышленных экосистем;

– концепции четвертой (Индустрия 4.0) и пятой (Индустрия 5.0) промышленных революций, порождающие технологические трансформации. Сделан вывод, что пятая промышленная революция, Индустрия 5.0, ориентирована не только на цифровую трансформацию, а в большей степени на коммуникацию людей и созданных цифровых технологий.

В результате сформирована конвергентная концепция устойчивого развития промышленных экосистем в условиях перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0, включающая комплексирование теорий и концепций, связанных отношениями понятий, моделей, а также разного рода предпосылок и оснований.

На основе технологической эволюции разработаны сценарные циклы развития промышленных экосистем, характеризующиеся пятистадийной кривой: S1 – стадия становления; S2 – предварительная стадия роста; S3 – стадия реального роста; S4 – стадия зрелости; S5 – стадия спада. Сделан вывод, что для того, чтобы предотвратить стадию спада на этапе зрелости необходимо принять решение по трем сценарным вариантам дальнейшего развития события: при продолжении текущей работы стадия спада неизбежна, при проведении модернизации стадию спада возможно отсрочить, а при осуществлении ряда технологических модернизаций возможно кардинально изменить траекторию жизненного цикла промышленной экосистемы. Основным драйвером технологических трансформаций признан процесс *модуляризации*.

Глава 3. МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

3.1 Архитектура методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем

Методология научного исследования представляет собой контекстную основу: последовательную и логичную схему (архитектуру), основанную на взглядах, убеждениях и ценностях, направляющую выбор исследователей²⁴⁴.

Методология управления устойчивым развитием промышленных экосистем является *мультиметодологией*²⁴⁵, представляя собой междисциплинарное исследование²⁴⁶ на основе континуума нескольких методологических подходов²⁴⁷.

Методологию можно представить как спектр от преимущественно количественного подхода к преимущественно качественному подходу²⁴⁸. Некоторые значимые дефиниции методологии научного познания и исследования представлены на рисунке 3.1.

²⁴⁴ Рузавин Г. И. Методология научного познания. – 2005.

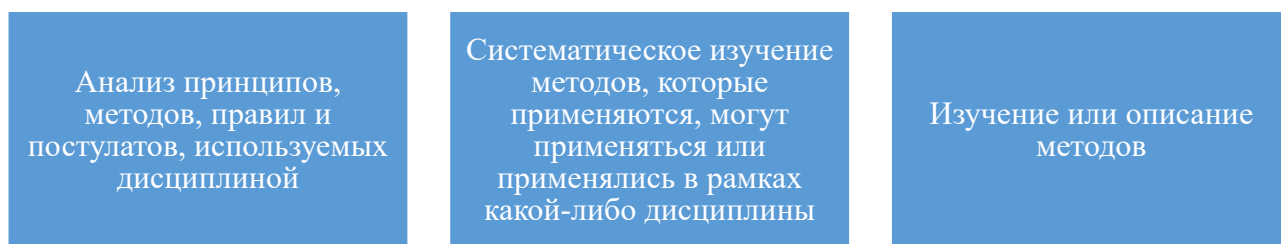
Новиков А. М., Новиков Д. А. Методология научного исследования. – 2010.

²⁴⁵ Глушко И. В. и др. ПОНЯТИЙНАЯ ДИХОТОМИЯ «ДОВЕРИЕ-НЕДОВЕРИЕ» В КОНТЕКСТЕ МУЛЬТИМЕТОДОЛОГИИ //Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2012. – №. 6-2. – С. 53-56.

²⁴⁶ Brewer J., Hunter A. Multimethod research: A synthesis of styles. – Sage Publications, Inc, 1989.

²⁴⁷ Методологический подход – это «принципиальная методологическая ориентация исследования, точка зрения, с которой рассматривается объект изучения (способ определения объекта), понятие или принцип, руководящий общей стратегией исследования». Цит. по: Юдин Э. Г. Методология науки. Системность. Деятельность. – Эдиториал УРСС, 1997.

²⁴⁸ Полухина Е. В., Присянюк Д. В. Исследования со смешанными методами (mixed methods research): интеграция количественного и качественного подходов //Политическая концептология: журнал метадисциплинарных исследований. – 2017. – №. 1. – С. 49-56.



Источники:²⁴⁹

Рисунок 3.1 – Значимые дефиниции методологии

В целом методология не ставит своей целью предложить решения, поэтому она не тождественна методу²⁵⁰. Методология предлагает теоретическую перспективу для понимания того, какой метод, набор методов или передовой опыт может быть применен для решения проблем управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

Уровни методологического анализа представляются разными учеными с разных точек зрения (таблица 3.1).

²⁴⁹ Пономарев А. Б., Пикулева Э. А. Методология научных исследований //Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – 2014.

Новиков А. М., Новиков Д. А. О предмете и структуре методологии //Мир образования-образование в мире. – 2008. – №. 1. – С. 29.

²⁵⁰ Brookshier K. Method vs. methodology: understanding the difference //Uxdesign. cc. – 2018.

Campbell S. Perspectives: Method and methodology in nursing research //Journal of Research in Nursing. – 2016. – Т. 21. – №. 8. – С. 656-659.

Байбородова Л. В., Чернявская А. П. Методология и методы научного исследования. – 2019.

Уколова Л. И., Афанасьев В. В., Грибкова О. В. Методология и методы научного исследования. – 2018.

Новиков В. К. Методология и методы научного исследования. – 2015.

Таблица 3.1 – Уровни методологического научного анализа

Автор(ы)	Уровни	Характеристика
Э.Г. Юдин ²⁵¹ выделяет четыре уровня методологии	1 Философский	Общие принципы познания и категориальный строй науки в целом
	2 Общенаучный	Теоретические концепции
	3 Конкретно-научный	Совокупность методов, принципов исследования и процедур
	4 Технологический	Методика и техника исследования
Ю.И. Трещевский с соавторами ²⁵² разработали подход к рассмотрению методологии с позиции трех составляющих (уровней)	1 Мировоззренческий	Общие принципы познания и категориальный строй науки в целом
	2 Когнитивный	Концепции познания предмета
	3 Технологический	Методики и техники исследования
Концепция экономики созидания Д. Костень ²⁵³ рассматривает архитектуру методологии в разрезе шести уровней	1 Парадигмальный уровень	Набор теорий, определяющих шаблон мышления и направляющие развитие мыслительного процесса в том или ином направлении, но не участвующие в его развитии

²⁵¹ Юдин Э. Г. Методология науки. Системность. Деятельность. – Эдиториал УРСС, 1997.

²⁵² Ромашенко Т. Д., Трещевский Ю. И., Трещевский Д. Ю. Методология научного исследования экономики, управления и финансов. – 2018.

²⁵³ Костень Д. Г. Смена парадигмы мышления: фундаментальные проблемы криптосферы //Экономический базис развития науки и технологий в России. – 2018. – С. 42-47.

Костень Д., Кашанский А. Экосистема созидания как новая модель устойчивого развития. https://cfuv.ru/wp-content/uploads/2021/09/КОСТЕНЬ-ДМИТРИЙ_24.09.2021_КФУ-презентация-финальная.pdf.

Автор(ы)	Уровни	Характеристика
	2 Метауровень	Абстрактно обобщающая структура, шаблон, набор причинно-следственных связей, определяющий границы, правила, условия и прочее, работы подуровня
	3 Онтологический уровень	Всеобщее обобщающее понятие, сущности, категории, структуры, закономерности и т.д.
	4 Семантический уровень	Набор мыслей, формирующих восприятие и побуждающих на действие
	5 Экосистемный уровень	Набор отдельных сущностей, формирующих единое целое, где ценность целого всегда больше, чем сумма ценностей всех отдельно взятых компонентов экосистемы
	6 Уровень технологий	Набор техник, технологий, методик
Концепция экономики созидания Д. Костеня ²⁵⁴ рассматривает архитектуру управления в разрезе шести уровней	1 Методологический уровень	
	2 Идеологический уровень	
	3 Концептуальный уровень	
	4 Уровень моделирования	
	5 Прикладной уровень	
	6 Уровень технологий	

²⁵⁴ Костень Д. Г. Реализация принципов децентрализации в экосистеме и смысловые системы управления. 2021.

Автор(ы)	Уровни	Характеристика
Карпов А.В. ²⁵⁵ выделяет пять основных этапов «алгоритма системного исследования» как гносеологической процедуры	1 Интегративный	Раскрываются системные качества предмета исследования, производится концептуальный синтез данных всех этапов
	2 Генетический	Устанавливаются закономерности генезиса
	3 Функциональный	Устанавливаются закономерности функциональной организации предмета исследования
	4 Структурный	Раскрываются закономерности структурной организации предмета исследования
	5 Метасистемный (онтологический)	Определяется онтологически представленная целостность, содержащая основания и детерминанты, гносеологические средства для изучения предмета

²⁵⁵ Карпов А. В. Метасистемная организация индивидуальных качеств личности. – 2018.

Карпов А. В. МЕТАСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД КАК МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ГЕНЕЗИСА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ //Современные тенденции развития психологии труда и организационной психологии. – 2022. – С. 27.

Карпов А. В., Воронова Т. А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОДАРЕННОСТЬ В СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВНУТРЕННЕГО МИРА ЧЕЛОВЕКА: МЕТАСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД //Методология современной психологии. – 2019. – №. 9. – С. 56-62.

Автор(ы)	Уровни	Характеристика
Группой ученых Л.Н. Макаровой, В.А. Федоровым, А.И. Стерелюхиным ²⁵⁶ и И.А. Липским ²⁵⁷ разработана <i>содержательно-функциональная концепция методологического анализа научного знания, включающая шесть уровней</i>	1 Гносеологический уровень	
	2 Мировоззренческий уровень	
	3 Логико-гносеологический уровень	
	4 Научно-содержательный уровень	
	5 Технологический уровень	
	6 Научно-методический уровень	

Источник: составлено автором

²⁵⁶ Стерелюхин А. И., Макарова Л. Н., Федоров В. А. Методологические знания учащихся. Проблемы дифференциации, структурирования и систематизации //Гаудеамус. – 2003. – Т. 1. – №. 3. – С. 125-134.

²⁵⁷ Липский И. А. Методологический анализ научного знания //Гаудеамус. – 2004. – Т. 2. – №. 6. – С. 18-31.

Липский И. А. Содержательно-функциональная концепция методологического анализа научного знания (часть I) //Гаудеамус. – 2005. – Т. 1. – №. 7. – С. 9-26.

Липский И. А. Содержательно-функциональная концепция методологического анализа научного знания (часть II) //Гаудеамус. – 2006. – Т. 1. – №. 9. – С. 9-21.

Придерживаясь содержательно-функциональной концепции методологического анализа научного знания И.А. Липского²⁵⁸ и структуры методологии Д. Костеня²⁵⁹, методологию управления устойчивым развитием промышленных экосистем целесообразно представить в виде архитектуры, состоящей из шести уровней (рисунок 3.2): гносеологического, парадигмального (мировоззренческого), метауровня (онтологического), научно-содержательного (семантического), технологического и научно-методического уровня.



Источник: составлено автором

Рисунок 3.2 – Архитектура методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций

Под архитектурой методологии управления устойчивым развитием промышленной экосистемы в данном контексте подразумеваются основные

²⁵⁸ Липский И. А. Содержательно-функциональная концепция методологического анализа научного знания (часть I) //Гаудеамус. – 2005. – Т. 1. – №. 7. – С. 9-26.

Липский И. А. Содержательно-функциональная концепция методологического анализа научного знания (часть II) //Гаудеамус. – 2006. – Т. 1. – №. 9. – С. 9-21.

²⁵⁹ Костень Д., Кашанский А. Экосистема созидания как новая модель устойчивого развития. https://cfuv.ru/wp-content/uploads/2021/09/КОСТЕНЬ-ДМИТРИЙ_24.09.2021_КФУ-презентация-финальная.pdf.

понятия или свойства промышленной экосистемы в окружающей среде, воплощенные в ее элементах, отношениях и конкретных принципах ее проектирования и развития²⁶⁰. Процесс методологической архитектуризации устойчивого развития промышленной экосистемы представляет собой «процесс понимания, определения, выражения, документирования, взаимодействия ... при реализации, сопровождении и улучшении архитектуры в жизненном цикле [эко]системы»²⁶¹. При этом жизненный цикл промышленной экосистемы следует рассматривать в соответствии со сценарными циклами устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций (п. 2.3 настоящего исследования).

Не существует общепринятой единой классификации методологических (общенаучных) подходов в рамках экономических исследований. В этих условиях автором разработана таксономия общенаучных методологических подходов в рамках методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций (таблица 3.2).

²⁶⁰ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. Промышленные автоматизированные системы. ТРЕБОВАНИЯ К СТАНДАРТНЫМ АРХИТЕКТУРАМ И МЕТОДОЛОГИЯМ ПРЕДПРИЯТИЯ. Industrial automation systems. Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies. Дата введения 2010-01-01. <https://docs.cntd.ru/document/1200076802>.

ГОСТ Р 57100-2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011. НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Системная и программная инженерия. ОПИСАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ. Systems and software engineering. Architecture description. Дата введения 2017-09-01. <https://docs.cntd.ru/document/1200139542>.

²⁶¹ ГОСТ Р 57100-2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011. НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Системная и программная инженерия. ОПИСАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ. Systems and software engineering. Architecture description. Дата введения 2017-09-01. <https://docs.cntd.ru/document/1200139542>..

Таблица 3.2 – Таксономия общенаучных методологических подходов в рамках методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций

Уровень методологического анализа	Методологические подходы	Структурные компоненты (инварианты)
1 Гносеологический	Диалектический	Философские аспекты, факторы, условия
	Критический (оценочный)	Противоречия, критические аспекты, парадоксы
	Исторический	Предпосылки, тенденции, закономерности, тренды
	Политический	Приоритеты
2 Мировоззренческий	Системный	Система «черного ящика»
	Синергетический	Система «черного ящика» на основе самоорганизации и эмерджентного поведения
	Экосистемный ²⁶²	Система «черного ящика» на основе симбиоза
	Кибернетический ²⁶³	Управление системой «черного ящика»
	Ценностный ²⁶⁴	Ключевые ценности
3 Онтологический	Метасистемный ²⁶⁵	Объект, предмет, категории и термины, цели, задачи

²⁶² Бобылев С. Н., Перелет Р. А. Экосистемный подход и его экономические механизмы //Настоящее и будущее Ближнего Севера: экономика, экология, сообщества. – 2011. – С. 33-52.

12 принципов экосистемного подхода и их обоснование. Решение конференции сторон UNEP/CBD/COP/7/21. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-07-dec-11-ru.pdf>.

²⁶³ Турчин В. Ф. Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции //М.: ЭТС. – 2000. – Т. 368. – С. 7.

²⁶⁴ Менгер К., Бем-Баверк Е., Визер Ф. Австрийская школа в политической экономии //М.: Экономика. – 1992. – Т. 6.

²⁶⁵ Карпов А. В. О метасистемном подходе в психологии //Труды Ярославского методологического семинара. – 2004. – Т. 2. – С. 21-34.

Уровень методологического анализа	Методологические подходы	Структурные компоненты (инварианты)
4 Семантический (научно-содержательный)	Междисциплинарный	Сущность, связи, структура, состав, характеристики (качественные, количественные, временные), функции, свойства, специфика, принципы, концепции, стадии, этапы, формы, направления, пути
	Кибер-социо-техно-когнитивный ²⁶⁶	
5 Технологический	Технологический	Диагноз, оценка, прогноз, модель, проект, программа, результат
	Ценологический ²⁶⁷	Одно из направлений теории вероятности
6 Научно-методический (прикладной)	Методический	Методические подходы, методики

Источник: составлено по материалам²⁶⁸

²⁶⁶ Шкарупета Е. В., Колесникова В. Б., Белянцева О. М. ОСОБЕННОСТИ КИБЕР-СОЦИО-ТЕХНО-КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ «УМНЫМИ» ЭКОСИСТЕМАМИ. – 2021.

²⁶⁷ Лозенко В.К. Основные положения и сущность ценологического подхода. <http://www.kudrinbi.ru/public/382/index.htm>.

²⁶⁸ Липский И. А. Содержательно-функциональная концепция методологического анализа научного знания (часть I) //Гаудеамус. – 2005. – Т. 1. – №. 7. – С. 9-26.

Липский И. А. Содержательно-функциональная концепция методологического анализа научного знания (часть II) //Гаудеамус. – 2006. – Т. 1. – №. 9. – С. 9-21.

Гносеологический уровень методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем

На гносеологическом уровне методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем необходимо выделить и акцентировать философские аспекты, связанные с устойчивым развитием. Несмотря на то что устойчивое развитие является достаточно молодой концепцией по сравнению с длительностью антропоцена, попытки сформировать философские аспекты устойчивого развития уже достаточно активно предпринимаются²⁶⁹.

На гносеологическом уровне методологии управления устойчивым развитием можно выделить следующие подходы:

1. *Диалектический методологический (общенаучный) подход к устойчивому развитию.*

Применение диалектического методологического подхода позволяет выявить факторы и условия устойчивого развития.

Философским основанием устойчивого развития выступает *диалектический реализм*. «В свете современной науки устойчивое развитие мира предстает как диалектический процесс, как гармоничное сочетание взаимодействия и самоорганизации, сохранения и изменения, потенциальности и актуальности, ускорения и замедления, скачка и непрерывности, порядка и хаоса и т. д. В терминах диалектического реализма устойчивое развитие общества есть духовная эволюция человека, укорененная в трансцендентных устоях бытия, восходящих к космологии Духа»²⁷⁰.

2. *Критический (оценочный) методологический (общенаучный) подход к управлению устойчивым развитием.*

²⁶⁹ Мантатов В. В., Мантатова Л. В. Философия устойчивого развития: диалектика и реализм // Вестник Бурятского государственного университета. Философия. – 2017. – №. 5. – С. 3-14.

Олексенко Р. И. Философия устойчивого развития в эпоху глобализации // Гилея: научный вестник. – 2015. – №. 100. – С. 175-179.

Тимошук А. С. Национальная философия устойчивого развития России // Современные евразийские исследования. – 2018. – №. 3. – С. 97-104.

²⁷⁰ Мантатов В. В., Мантатова Л. В. Философия устойчивого развития: диалектика и реализм // Вестник Бурятского государственного университета. Философия. – 2017. – №. 5. – С. 3-14.

Применение критического методологического подхода позволяет вскрыть инвариант устойчивого развития – противоречия.

На гносеологическом уровне, в философском смысле устойчивое развитие есть *глокализация*, противоречие, единство противоположностей устойчивости (стабильности, порядка, равновесия) и развития (изменчивости, хаоса)²⁷¹. Преодолеть эти диалектические противоречия можно, представив изменения как содержание развития, а устойчивость — как его форму²⁷².

Основная критика концепции устойчивого развития связана с выраженным в ней *техноцентричным подходом к развитию*, основанном на экономическом росте, противоположном экологической устойчивости и человеческому развитию. Одно из критических замечаний в адрес концепции устойчивого развития заключается в рассмотрении *оверпопуляции* (сверхпопуляции) населения планеты как непоправимого урона окружающей среде. Однако, на взгляд автора, рост численности населения не сможет рассматриваться в качестве угрозы, когда будут решены такие демографические вопросы, как доступность качественного образования по всему миру, улучшение качества жизни по всему миру, что повлечет за собой исчезновение проблемы оверпопуляции.

Другой парадокс концепции устойчивого развития возникает из-за глобализации как инструмента обеспечения равенства между развитыми странами и устойчивого развития. Ожидаемое равенство не подтвердилось, поскольку процесс глобализации имел более негативные последствия, особенно в плане равенства, учитывая увеличение разницы между слаборазвитыми и развитыми странами.

Третье критическое замечание концепции устойчивого развития связано с тем, что, несмотря на длительную имплементацию принципов устойчивого

²⁷¹ Мельник Л. Г. и др. Устойчивое развитие: теория, методология, практика. – 2009.

Светлосанов В. А. О стабильности экосистем //Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 1976. – №. 4. – С. 89-94.

Светлосанов В. А. Устойчивость и стабильность природных экосистем. – 1990.

²⁷² Мантатов В. В., Мантатова Л. В. Философия устойчивого развития: диалектика и реализм //Вестник Бурятского государственного университета. Философия. – 2017. – №. 5. – С. 3-14.

развития, разрыв между развитыми и слаборазвитыми странами еще более углубился. Поэтому вопрос о равенстве, заложенный в концепции, является весьма спорным.

Вся рассмотренная критическая масса доказывает, что стоящие перед концепцией устойчивого развития задачи становятся более сложными и комплексными. Таким образом, устойчивое развитие оказалось одним из самых сложных вызовов, с которыми пришлось столкнуться человечеству.

3. Исторический методологический (общенаучный) подход.

Применение исторического методологического подхода позволяет выявить предпосылки, тенденции и закономерности устойчивого развития²⁷³.

В рамках исторического методологического подхода к управлению устойчивым развитием можно отнести:

- философские аспекты развития эпохи антропоцена²⁷⁴ как нового, следующего за голоценом геохронологического уклада;
- философию заботы о будущих поколениях как основу для существования текущего поколения.

4. Политический методологический (общенаучный) подход к управлению устойчивым развитием.

Применение политического методологического подхода позволяет выявить приоритеты устойчивого развития, в роли которых выступают 17 Целей устойчивого развития (ЦУР) до 2030 года²⁷⁵, выстроенные в порядке убывания глобального приоритета.

²⁷³ Светлосанов В. А. и др. Прошлое, настоящее и будущее концепции устойчивого развития. Модельный аспект //Проблемы региональной экологии. – 2021. – №. 1.

²⁷⁴ Шешнев А. С. Что такое антропоцен? //Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2017. – Т. 17. – №. 3. – С. 200-206.

²⁷⁵ ЦУР 1. Ликвидация нищеты. ЦУР 2. Ликвидация голода. ЦУР 3. Хорошее здоровье и благополучие. ЦУР 4. Качественное образование. ЦУР 5. Гендерное равенство. ЦУР 6. Чистая вода и санитария. ЦУР 7. Недорогостоящая и чистая энергия. ЦУР 8. Достойная работа и экономический рост. ЦУР 9. Индустриализация, инновации и инфраструктура. ЦУР 10. Уменьшение неравенства. ЦУР 11. Устойчивые города и населенные пункты. ЦУР 12. Ответственное потребление и производство. ЦУР 13. Борьба с изменениями климата. ЦУР 14. Сохранение морских экосистем. ЦУР 15. Сохранение экосистем суши. ЦУР 16. Мир, правосудие и эффективные институты. ЦУР 17. Партнерство в интересах устойчивого развития.

По результатам исследования Всемирного экономического форума 2021 года²⁷⁶, глобальный приоритет выстроился следующим образом:

- 1 приоритетный ранг 1 – ЦУР 2;
- 2 приоритетный ранг 2 – ЦУР 1;
- 3 приоритетный ранг 3 – ЦУР 3;
- 4 приоритетный ранг 4 – ЦУР 6;
- 5 приоритетный ранг 5 – ЦУР 8;
- 6 приоритетный ранг 6 – ЦУР 4;
- 7 приоритетный ранг 7 – ЦУР 13;
- 8 приоритетный ранг 8 – ЦУР 15;
- 9 приоритетный ранг 9 – ЦУР 14;
- 10 приоритетный ранг 10,5 – ЦУР 7;
- 11 приоритетный ранг 10,5 – ЦУР 16;
- 12 приоритетный ранг 12 – ЦУР 10;
- 13 приоритетный ранг 13 – ЦУР 11;
- 14 приоритетный ранг 14 – ЦУР 12;
- 15 приоритетный ранг 15 – ЦУР 5;
- 16 приоритетный ранг 16 – ЦУР 9.

Таковы результаты опроса 28 рынков, проведенного компанией Ipsos на онлайн-платформе Global Advisor. В период с 23 апреля по 7 мая 2021 года Ipsos опросила в общей сложности 19 585 взрослых в возрасте 18-74 лет в США, Канаде, Малайзии, Южной Африке и Турции, а также людей в возрасте 16-74 лет на 24 других рынках.

²⁷⁶ U.N. SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IN 2021: PUBLIC OPINION ON PRIORITIES AND STAKEHOLDERS' COMMITMENT. 28-Country Ipsos survey for The World Economic Forum. Conducted April 23 – May 7, 2021. https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2021-05/April-May%202021%20-%20WEF%20-%20UN%20SDGs%20Report_0.pdf.

Мировоззренческий (парадигмальный) уровень методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем

На мировоззренческом уровне методологии управления устойчивым развитием можно выделить следующие подходы:

1. Системный методологический (общенаучный) подход к управлению устойчивым развитием промышленных экосистем.

В контексте данного исследования применяется системный подход на основе общей теории систем Л. Берталанфи²⁷⁷ и его частный случай – системно-синергетический подход²⁷⁸.

В соответствии с системологией Дж. Клира²⁷⁹ интегрирования систем в нечто целое путем порождения структурированной системы происходит через собирание системы из подсистем, которые в свою очередь могут включать подсистемы второго уровня, третьего уровня и так далее. Этот принцип может быть положен и в основу порождения промышленной экосистемы в целях ее дальнейшего устойчивого развития.

Применение системного методологического подхода позволяет сформировать видение промышленной экосистемы на основе «черного ящика» в трихотомической системе проекций (рисунок 3.3): пяти составляющих экосистемы, пяти уровней технологической архитектуры промышленной экосистемы, а также пяти уровней полного цикла управления.

²⁷⁷ Берталанфи Л. Общая теория систем: критический обзор. – 1969.

²⁷⁸ Волкова Е. С., Невидимова О. Г. Устойчивость в природе и обществе: системно-синергетический подход // Вестник Томского государственного университета. – 2008. – №. 317. – С. 258-263.

²⁷⁹ Klir J. Systemotology // Automation solutions of system tasks (Системология. Автоматизация решения системных задач). Radio and Coomunication. – 1990.

Клир Д. Системология. Автоматизация решения системных задач: Пер. с англ. – Радио и связь, 1990.

ВХОД

Выигрыши окружающей среды:

- уменьшение исходного материала и энергозатрат (заменено отходами)

Экономический выигрыш:

- сокращение расхода материала и энергетических затрат;
- сокращение затрат от законодательства по охране окружающей среды;
- имидж и потенциал зеленых рынков

Цели формирования и развития промышленных экосистем:

- повышение интеграционного потенциала (потенциала взаимодействия);
- сохранение устойчивости и конкурентоспособности отдельных акторов в долгосрочной перспективе;
- обеспечение роста финансовых и операционных показателей акторов;
- улучшение качества жизни

Обеспечивается целенаправленное формирование и развитие промышленных экосистем

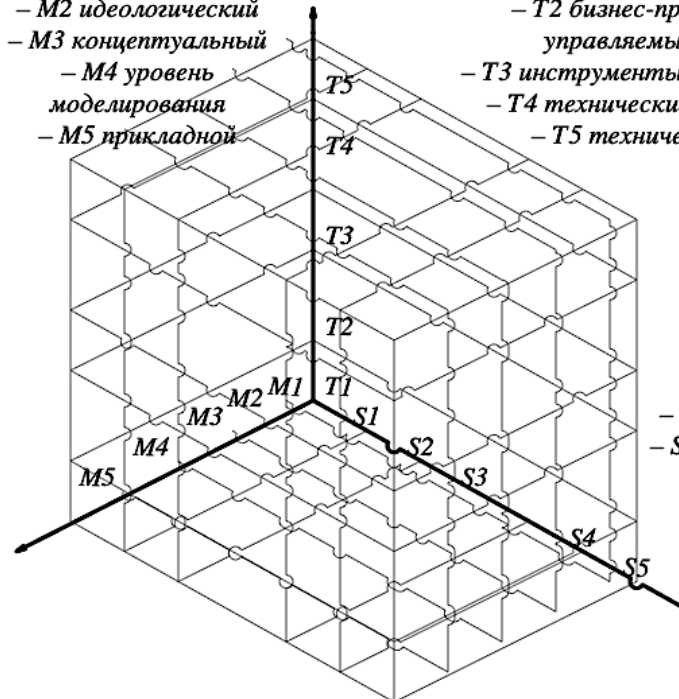


Уровни полного цикла управления (LFMC):

- M1 методологический
- M2 идеологический
- M3 концептуальный
- M4 уровень моделирования
- M5 прикладной

Уровни технологической архитектуры экосистемы (LTA):

- T1 производственные отношения
- T2 бизнес-приложения – управляемые модели
- T3 инструменты моделирования
- T4 технические артефакты
- T5 техническое ядро



Структурные составляющие экосистемы (SE):

- S1 объектная
- S2 организационная
- S3 бизнес-процессная
- S4 средовая
- S5 проектная

ВЫХОД

Выигрыши окружающей среды:

- сокращение объема отходов и объема выбросов (отходы используются в качестве ресурса)

Экономический выигрыш:

- сокращение затрат на удаление отходов
- сокращение издержек, связанных с природоохранным законодательством
- имидж и потенциал зеленых рынков

Сформирована зрелая промышленная экосистема

Процесс формирования и развития промышленной экосистемы

КРУГООБОРОТ:

использование отходов, возобновляемых источников энергии и энергии отходов в сотрудничестве

Социальный выигрыш:

- новые возможности трудоустройства за счет местного управления использованием материальных и энергетических потоков
- расширение сотрудничества и участия

Источник: составлено автором

Рисунок 3.3 – Представление промышленной экосистемы на основе системного методологического подхода

На идеологическом уровне первично возникает видение. Видение формализуется в концепцию. Концепция детализируется в модель. Модель реализуется в практические приложения. Управление по полному циклу – это умение создавать видение и воплощать его в практические приложения. Видение в свою очередь формируется из мироположения, а то в свою очередь из мировоззрения, где культурные коды и хронологическая история играют очень важную роль в формировании конечного мироположения и как результат идеологии управления.

2. Синергетический методологический (общенаучный) подход к управлению устойчивым развитием промышленных экосистем.

Применение синергетического методологического подхода позволяет акцентировать такие особенности промышленных экосистем, как самоорганизация и эмерджентное поведение.

Кроме того, устойчивое развитие связано с мировоззренческими аспектами *солидарологии*²⁸⁰, в рамках которой солидарность выступает как форма выражения экосистемного сотрудничества, коэволюции, коллаборации акторов²⁸¹. Солидарология с методологической точки зрения обеспечивает равные возможности для всех акторов промышленной экосистемы. С другой стороны, имея равные возможности, каждый актор промышленной экосистемы может проявлять собственную инициативу ради получения индивидуальной, идиосинкразической прибыли, выгоды с целью повышения своей конкурентоспособности. Таким образом, солидарология не отменяет конкурентные формы сотрудничества в промышленной экосистеме, но и предлагает новые формы солидарного устойчивого развития – предконкурентное и совместное партнерство²⁸².

Солидарология схожа на своему мировоззренческому концентру с экономикой

²⁸⁰ Барлыбаев Х. А. Солидарология. Философия солидарности. – 2016.

²⁸¹ Полтерович В. М. Коллаборативные иерархии // Вопросы экономики. – 2021. – №. 7. – С. 31-48.

²⁸² Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ КИБЕРСОЦИАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА ИНДУСТРИИ 5.0: ПОНЯТИЕ, СУЩНОСТЬ, МОДЕЛЬ // Экономическое возрождение России. 2021. № 4 (70). С. 39-62.

созидания, с теорией Созидательного Общества²⁸³. «Объединяющей скрепой построения цепочек прибавочной стоимости становится общее целеполагание и коллективное стремление к созиданию, выраженное в едином образе будущего... Созидание – это рост посредством достижения синергии. Выражаясь языком диалектики, это тезис и антитезис, которые в правильной конфигурации порождают над-сущность синтез. Философская над-сущность синтез в экономической деятельности выражается в форме синергии, которая при правильном социальном целеполагании называется созиданием – отсюда и название – Экономика Созидания»²⁸⁴.

Наращение частоты смены технологий приводит к ускорению накопления и классификации опыта управления изменениями²⁸⁵. Технологические трансформации оказывают такое влияние на систему управления устойчивым развитием промышленных экосистем, в условиях которого требуется новый формат *системы управления изменениями изменяющихся процессов*. Предпосылки управления изменениями изменяющихся процессов заложены в теоретическом базисе первой главы настоящего исследования.

Онтологический уровень методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем

На онтологическом уровне методологии управления устойчивым развитием можно выделить метасистемный общенаучный подход:

Метасистемный методологический (общенаучный) подход к управлению устойчивым развитием промышленных экосистем.

Применение метасистемного методологического подхода позволяет

²⁸³ Созидательное Общество. Проект. <https://creativesociety.com/ru>.

²⁸⁴ Костень Д. Экосистема Созидания – как новая система жизнедеятельности. Из выступления на конференции ЭКОПРОМ-2021. Индустрия 5.0, цифровая экономика и интеллектуальные экосистемы. Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого. 19 ноября 2021. <https://labec.spbstu.ru/userfiles/files/ecoprom-20/ecoprom-programme2022.pdf>.

²⁸⁵ Концепция развития цифровой экономики созидания. Материалы Фонда Экономики Созидания. <https://consensus.fund/consensus-economics-concept/>.

сформировать объект, предмет, категории и термины, цели, задачи управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

«В соответствии с системологией Дж. Клира²⁸⁶ существует два способа интегрирования систем в нечто целое: порождение структурированной системы или порождение метасистемы. В первом случае система собирается из подсистем, которые в свою очередь могут включать подсистемы второго уровня, третьего уровня и так далее. Во втором случае система формируется на основании правила замены, когда из некоторого набора систем в каждый момент выбирается одна или некоторая группа функционирующих систем»²⁸⁷.

Так как в экосистеме отсутствует или слабо выражена иерархическая управляемость, то она включает в себя некоторое множество функционально специализированных локальных систем, а значит представляет собой метасистему. Метасистема – это структура, обеспечивающая координацию и интеграцию множества систем, объединенных для достижения всеобъемлющих задач и функций, выходящих за рамки задач и функций составляющих систем²⁸⁸.

Метасистему необходимо отличать от системы систем. Система систем – это система, разработанная путем объединения существующих систем таким образом, чтобы гарантировать²⁸⁹:

- эксплуатационную независимость (если система систем будет разобрана на составляющие ее системы, то составляющие системы должны быть способны работать независимо друг от друга);
- управленческую независимость (составляющие системы приобретаются и

²⁸⁶ Klir J. Systemotology //Automation solutions of system tasks (Системология. Автоматизация решения системных задач). Radio and Coomunication. – 1990.

Клир Д. Системология. Автоматизация решения системных задач: Пер. с англ. – Радио и связь, 1990.

²⁸⁷ Пищухин А. М., Ахмедьянова Г. Ф. Общая теория систем. Метасистемы: учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в состав направлений подготовки 27.04. 03-Системный анализ и управление и 27.04. 04-Управление в технических системах. – 2019.

²⁸⁸ Katina P. F., Keating C. B., Bradley J. M. The Role of ‘Metasystem’ in Engineering a System of Systems.

²⁸⁹ Maier, M. W. (1996) Architecting Principles for Systems-of-Systems INCOSE International Symposium, Vol. 6, Issue 1, doi: 10.1002/j.2334-5837.1996.tb02054.x.

интегрируются отдельно, но продолжают существовать независимо от системы систем);

- эволюционное развитие (система систем не является полностью сформированной. Ее развитие и существование носит эволюционный характер с добавлением, удалением и изменением функций и целей по мере накопления опыта);

- эмерджентное поведение (система выполняет функции и преследует цели, которые не заложены ни в одной из составляющих систем. Такое поведение является эмерджентным свойством всей системы систем и не может быть локализовано в какой-либо из систем компонентов. Основные цели систем-систем выполняются благодаря этому поведению);

- географическое распределение (географическая протяженность систем-компонентов велика. Велика – это туманное и относительное понятие, поскольку коммуникационные возможности растут, но, как минимум, это означает, что компоненты могут легко обмениваться только информацией, а не значительными количествами массы или энергии).

Роль метасистемы усиливается в связи с достижением всеобъемлющих целей для системы систем. В работе²⁹⁰ рассматривается набор из девяти функций метасистемы, необходимых для реализации больших возможностей системы систем. Особое внимание уделяется проектированию, исполнению и эволюции метасистем как основной движущей силы интеграции и координации системы систем.

В исследовании²⁹¹ система систем рассматривается авторами как цифровая экосистема, где различные объекты могут рассматриваться как виды в цифровой экосистеме. Одна из систем, составляющих систему систем, может играть роль системы-лидера. Система систем представляет собой набор различных элементов,

²⁹⁰ Katina P. F., Keating C. B., Bradley J. M. The Role of ‘Metasystem’ in Engineering a System of Systems.

²⁹¹ Saleh M., Abel M. H. Moving from digital ecosystem to system of information systems //2016 IEEE 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD). – IEEE, 2016. – С. 91-96.

соединенных или связанных таким образом, чтобы выполнять уникальную функцию, не выполнимую элементами по отдельности. Эти элементы (системы) представляют собой сеть ниш в экосистеме.

Метаэкосистема определяется как совокупность экосистем, связанных пространственными потоками энергии и материалов через границы экосистем. В биологии метаэкосистема по ряду характеристик подобна ландшафту²⁹².

Порождение метаэкосистемы характеризуется тремя существенными особенностями²⁹³:

1. Принципы синтеза: элементы метаэкосистемы в большой степени самодостаточные и независимые друг от друга экосистемы.

2. Время функционирования элементов: в метаэкосистеме в любой момент времени функционируют не все элементы, а лишь выбранные – один, либо некоторая группа экосистем.

3. Степень взаимосвязи между элементами: в метаэкосистеме общее количество элементов удовлетворяет совсем другим критериям и должно быть оптимальным в соответствии с ними.

Объектом управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций являются промышленные экосистемы разных секторов промышленности, разных стран, разных уровней²⁹⁴ (рисунок 3.4):

– гигауровень: галактическая промышленная экосистема (возможна в будущем в результате освоения космоса²⁹⁵);

– мегауровень: глобальные, трансграничные, межнациональные

²⁹² Loreau M., Mouquet N., Holt R. D. Meta-ecosystems: a theoretical framework for a spatial ecosystem ecology // Ecology Letters. – 2003. – Т. 6. – №. 8. – С. 673-679.

²⁹³ Пищухин А. М., Ахмедьянова Г. Ф. Общая теория систем. Метасистемы: учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в состав направлений подготовки 27.04. 03-Системный анализ и управление и 27.04. 04-Управление в технических системах. – 2019.

Шкарупета Е.В., Дударева О.В., Мосиенко А.В. Метасистемы как новые объекты Индустрии 5.0 // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 4 (25). С. 6-11.

²⁹⁴ Tolstykh T. et al. Regional development in Russia: An ecosystem approach to territorial sustainability assessment // Sustainability. – 2020. – Т. 12. – №. 16. – С. 6424.

²⁹⁵ Материалы образовательного управленческого курса в области космических и цифровых технологий Chief Space Officer. <https://stepik.org/course/100993/info>.

(международные) промышленные экосистемы;

- макроуровень: национальные промышленные экосистемы;
- мезоуровень: региональные промышленные экосистемы;
- микроуровень: внутренние экосистемы;
- наноуровень: отдельный актор (компаратмент) промышленной экосистемы.



Источник: составлено автором

Рисунок 3.4 – Уровни объекта в методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем

Эко-индустриальные парки, создающиеся на принципах промышленного симбиоза, можно рассматривать в качестве наиболее вероятной формы будущей промышленной экосистемы.

Предметом управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций выступают управленческие, организационные и экономические отношения, возникающие в процессе решения комплекса теоретических, научно-методических и практических вопросов и проблем управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

В рамках общенаучного метасистемного подхода в исследовании формируются следующие наиболее *фундаментальные сущностные категории*: категория устойчивого развития, категория промышленной экосистемы.

Сущность категории устойчивого развития в настоящем исследовании рассматривается с акцентом на всеобщее устойчивое промышленное развитие, видение которого сформировано Лимской декларацией ЮНИДО 2013 года и выражается в «использовании полного потенциала вклада промышленности для долгосрочного и устойчивого развития»²⁹⁶.

Сущность категории промышленной экосистемы выражается в эмерджентной модели промышленной деятельности, на основе которой функционирует локализованная сложная эволюционирующая когерентная сеть множественных акторов, не управляемых иерархически, действующих одновременно в логике автономности и взаимосвязанности, самоорганизации и гомеостаза, отличающихся своими убеждениями и принципами принятия решений, целью которых является достижение устойчивого развития и создание дополнительных ценностей для каждого актора текущего и будущего поколений на основе принципов промышленного симбиоза (мутуализации), созидательности и рециркуляции.

Термины управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций, используемые в настоящем исследовании, формируют словарь терминов (глоссарий), представленный в приложении к диссертационному исследованию.

Целями управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций являются:

- повышение интеграционного потенциала (потенциала взаимодействия);
- повышение идиосинкразической (индивидуальной) и ковариативной (экосистемной) устойчивости и конкурентоспособности в долгосрочной

²⁹⁶ Лимская декларация. Путь к достижению всеохватывающего и устойчивого промышленного развития. ГЕНЕРАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ЮНИДО. Лима – Перу. 2-6 декабря 2013 года. https://www.unido.org/sites/default/files/2014-04/Lima_Declaration_RU_web_0.pdf.

перспективе;

- обеспечение роста финансовых и операционных показателей акторов;
- улучшение качества жизни текущего и будущего поколений.

В результате управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций могут быть получены следующие *виды ESG-эффектов*²⁹⁷:

- экологические эффекты в виде повышения экоэффективности на основе экологически эффективных моделей управления и производства, снижения потребления и зависимости от ресурсов, рециркуляции, сокращения добычи первичных ресурсов, образования отходов, выбросов CO₂ и других парниковых газов, выбросов от транспорта;

- социальные эффекты: улучшение уровня жизни в локальном масштабе, внедрение более высоких стандартов охраны здоровья и безопасности, создание рабочих мест на местах, выгода для местных организаций от увеличения клиентской базы, привлечение талантов, долгосрочные ценности в виде заботы о будущих поколениях, создание рабочих мест на местах, выгода для местных организаций от увеличения клиентской базы;

- экономические эффекты: снижение затрат на ресурсы, создание дополнительной долгосрочной конкурентоспособности, повышение устойчивости к колебаниям цен на ресурсы, снижение затрат на утилизацию отходов, вклад в стратегию устойчивого развития, дополнительный доход от увеличения объема продаж, например, от биопродуктов и др.

Семантический (научно-содержательный) уровень методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем

На семантическом уровне методологии управления устойчивым развитием можно выделить следующие подходы:

²⁹⁷ GUIDE FOR INDUSTRIAL SYMBIOSIS FACILITATORS. <http://www.symbiosis.dk/en/inspiration/>.

1. *Междисциплинарный методологический (общенаучный) подход к устойчивому развитию промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.*

Междисциплинарный методологический подход к управлению устойчивым развитием промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций позволяет компилировать накопленный потенциал знаний из управленческих, экономических, психологических, технических, экологических, социальных, социобиологических, биоэкономических, инженерных дисциплин. Междисциплинарность обуславливает также кросс-отраслевой (надотраслевой) характер промышленных экосистем, в которые в качестве акторов могут быть включены предприятия, комплексы обрабатывающих, агропромышленных, химических, лесных и прочих видов экономической деятельности.

Применение междисциплинарного методологического подхода позволяет сформировать сущность, связи, структуру, состав, характеристики (качественные, количественные, временные), функции, свойства, специфику, принципы, концепции, стадии, этапы, формы, направления, пути управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

Под *управлением устойчивым развитием промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций* понимается целенаправленная деятельность оркестратора (актора экосистемы, специализированной организации, выполняющей роль посредника между сотрудничающими компаниями) по созданию местного устойчивого партнерства на основе сотрудничества в рамках симбиотического обмена в единой сети, в результате чего достигается большая устойчивость к внешним и внутренним изменениям, когда акторы промышленной экосистемы становятся сильнее вместе, чем каждый из них по отдельности²⁹⁸. Создание промышленной экосистемы намного сложнее, чем отдельных симбиотических обменов.

²⁹⁸ Шкарупета Е.В., Дударева О.В., Польщиков Т.И. Устойчивое развитие предприятий металлургической отрасли в условиях технологических трансформаций // Цифровая и отраслевая экономика. 2022. №1 (26). С. 6-12.

2. *Кибер-социо-техно-когнитивный методологический подход к устойчивому развитию промышленных экосистем.*

В общем виде дихотомию «Индустрия 4.0 → Индустрия 5.0» можно представить как «технологическая революция → ценностная инициатива». Индустрия 4.0 направлена больше на повышение конкурентоспособности и экономический рост. Объекты Индустрии 4.0 – Фабрики будущего (цифровые, умные, виртуальные) – в условиях Индустрии 5.0 становятся более социально ориентированными синергетическими фабриками²⁹⁹. Индустрия 5.0 рассматривается как методологическая платформа пути к устойчивой, человекоцентричной и жизнестойкой промышленности³⁰⁰.

Кибер-социо-техно-когнитивный подход к управлению устойчивым развитием промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций позволяет сформулировать методологическое видение триады ценностей устойчивого развития промышленных экосистем в условиях Индустрии 5.0 (рисунок 3.5).

²⁹⁹ Шкарупета Е.В., Дударева О.В., Мосиенко А.В. Метасистемы как новые объекты Индустрии 5.0 // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 4 (25). С. 6-11.

Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ КИБЕРСОЦИАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА ИНДУСТРИИ 5.0: ПОНЯТИЕ, СУЩНОСТЬ, МОДЕЛЬ // Экономическое возрождение России. 2021. № 4 (70). С. 39-62.

³⁰⁰ Breque M., De Nul L., Petridis A. Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. EUROPEAN COMMISSION. Policy brief. 2021.



Источник: составлено по материалам³⁰¹

Рисунок 3.5 – Триада ценностей Индустрии 5.0

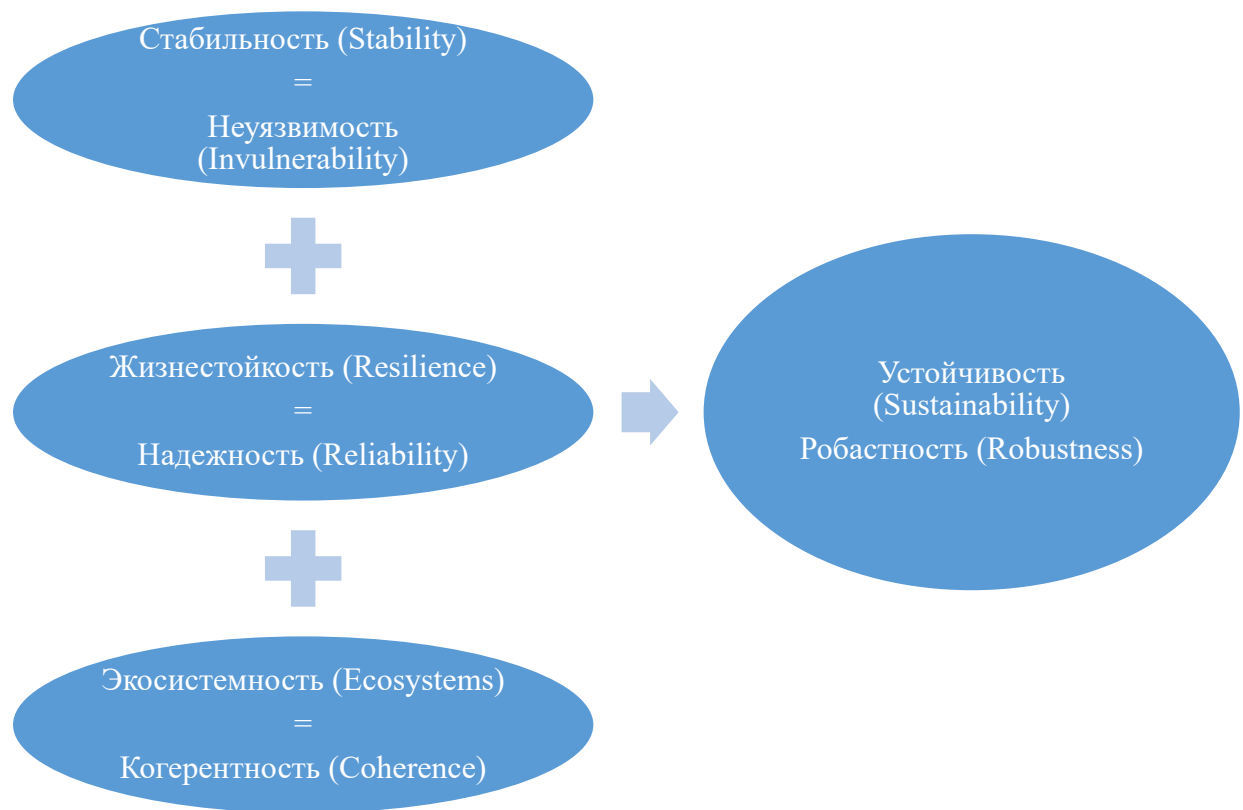
Как видно из рисунка 3.5, в категориальное, понятийное и терминологическое поле Индустрии 5.0 наравне с понятиями «устойчивость» и «человекоцентричность» выходит понятие «жизнестойкость». Как было выявлено в параграфе 1.1 настоящего исследования при проведении качественного анализа эволюции направлений мирового, человеческого и промышленного развития с 1990 по 2022 годы, уже в 2014 году в актуальной повестке ООН³⁰² было отражено не только достижение устойчивого человеческого прогресса (Sustaining Human Progress), но и снижение уязвимости (Vulnerabilities) и повышение жизнестойкости (Resilience).

Необходимо разграничить понятия «устойчивость», «жизнестойкость», «робастность» и «уязвимость». Все четыре термина имеют непосредственное отношение к методологии и концепции управления устойчивым развитием

³⁰¹ Breque M., De Nul L., Petridis A. Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. EUROPEAN COMMISSION. Policy brief. 2021.

³⁰² Доклад о человеческом развитии 2014. Обеспечение устойчивого прогресса человечества: Уменьшение уязвимости и формирование жизнестойкости. Программа развития ООН. http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14_a_full_rus_21-01-15_0.pdf.

промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций³⁰³ (рисунок 3.6).



Источник: составлено автором

Рисунок 3.6 – Триада дихотомических взаимосвязей в методологии устойчивого развития промышленных экосистем

Как было отмечено выше при формировании концепции устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций во второй главе диссертационного исследования, *устойчивость* на методологическом уровне отражает основные идеи справедливости между поколениями, когда благосостояние человека зависит от природного капитала и услуг. Устойчивость обозначает способность промышленной экосистемы справляться с внешними вызовами в результате экологических, социальных и

³⁰³ Шкарупета Е.В., Дударева О.В. К вопросу об актуализации концептуальных областей устойчивого развития промышленных экосистем: устойчивость, жизнестойкость, робастность / В сборнике: Управление предприятиями и отраслями строительного комплекса в эпоху цифровой трансформации. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2022. С. 80-84.

управленческих изменений (влияния ESG-факторов).

Устойчивость и жизнестойкость являются независимыми понятиями, характеризующими динамику промышленных экосистем.

Концепция *жизнестойкости*, появившаяся в 1973 году, определяет жизнестойкость как «величину возмущения, которое может быть поглощено до того, как [эко]система изменит свою структуру путем изменения переменных и процессов, управляющих поведением»³⁰⁴. Жизнестойкость можно рассматривать как «скорость, с которой [эко]система возвращается к равновесию после возмущения»³⁰⁵.

Ряд авторов³⁰⁶ придерживаются подхода, в рамках которого жизнестойкость есть необходимое условие устойчивости. С их точки зрения, укрепление способности промышленной экосистемы управлять жизнестойкостью имеет решающее значение для эффективного обеспечения устойчивого развития. В этом же русле находится утверждение, что стратегия развития не является устойчивой, если она не является жизнестойкой.

В контексте настоящего исследования *жизнестойкость нельзя рассматривать как достаточное условие устойчивости и как самостоятельную цель для промышленной экосистемы*. Это объясняется тем, что жизнестойкость сама по себе необязательно является чем-то хорошим. Нежелательные конфигурации промышленных экосистем могут быть очень жизнестойкими, что не способствует достижению целей устойчивого развития.

Все эти варианты логически возможны, и любой из них может иметь место в промышленной экосистеме в зависимости от ее начального состояния,

³⁰⁴ Holling C. S. Resilience and stability of ecological systems //Annual review of ecology and systematics. – 1973. – Т. 4. – №. 1. – С. 1-23.

Holling C. S., Gunderson L. H. Resilience and adaptive cycles //In: Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems, 25-62. – 2002.

³⁰⁵ Pimm S. L., Pimm S. L. The balance of nature?: ecological issues in the conservation of species and communities. – University of Chicago Press, 1991.

³⁰⁶ Lebel L. et al. Governance and the capacity to manage resilience in regional social-ecological systems //Ecology and society. – 2006. – Т. 11. – №. 1.

Молчанова Л. Н. Жизнестойкость как фактор устойчивости к психическому выгоранию представителей экстремальных профессий //Клиническая и медицинская психология: исследования, обучение, практика. – 2015. – №. 4. – С. 2-2.

нормативного порога устойчивости и неопределенного возмущения экосистемы.

Методологический посыл об отсутствии достаточной необходимости жизнестойкости для устойчивости промышленной экосистемы имеет важные последствия для управления устойчивыми промышленными экосистемами. В частности, высокую жизнестойкость не стоит приравнивать к такому же уровню устойчивости, а наоборот, при разработке стратегии, политики и бизнес-модели управления устойчивым развитием промышленных экосистем необходимо принимать во внимание больше критериев и метрик, чем просто жизнестойкость, а именно: текущее состояние экосистемы, области притяжения экосистемы, норму устойчивости и связанное с ней множество устойчивости в пространстве состояний, и потенциальную степень возмущения³⁰⁷.

Робастность – это «свойство системы сохранять качество функционирования при изменении ее параметров или структуры в пределах, предъявляемых к ней требований»³⁰⁸. Робастность обеспечивает защиту от дестабилизирующих факторов, порождаемых неопределенностью.

Концепция *уязвимости* зародилась в исследованиях, посвященных стихийным бедствиям в 1960-х годах прошлого столетия. Как новый инструмент анализа в области науки об устойчивости, исследование уязвимости было применено в управлении стихийными бедствиями, экологии, экономике и др. Доминирующими естественнонаучными областями применения концепции уязвимости всегда являлись климатические изменения и стихийные бедствия. В последние годы, когда основной исследовательский интерес мирового сообщества сконцентрирован на вопросах устойчивого развития³⁰⁹, реакциях и адаптации человеческого общества к глобальным изменениям³¹⁰, работы в области

³⁰⁷ Derissen S., Quaas M. F., Baumgärtner S. The relationship between resilience and sustainability of ecological-economic systems //Ecological Economics. – 2011. – Т. 70. – №. 6. – С. 1121-1128.

³⁰⁸ Алексеев М. А., Фрейдина Е. В. Методологические основы развития теории робастного управления экономическими системами //Вестник НГУЭУ. – 2017. – №. 2. – С. 19-39.

³⁰⁹ Sachs J. D. The age of sustainable development. – Columbia University Press, 2015.

³¹⁰ Слоботчиков О. Н., Нугманова Н. Р. Обеспечение устойчивого прогресса человечества: уменьшение уязвимости и формирование жизнестойкости //Вестник Института мировых цивилизаций. – 2016. – №. 12. – С. 231-237.

уязвимости человеческих³¹¹, социально-экономических³¹², транспортных³¹³, информационных³¹⁴, промышленных³¹⁵ и биологических³¹⁶ экосистем стали новой тенденцией.

С точки зрения исследований в различных областях естественные науки считают, что возмущение, наложенное на систему, степень воздействия и чувствительность системы к возмущению являются определяющими факторами уязвимости системы. Однако гуманитарные науки рассматривают уязвимость человеческой системы как внутреннее свойство, исходящее из внутренней сущности системы. Они фокусируются на обсуждении системных, экономических и культурных факторов, которые приводят к тому, что человеческое общество легко повреждается. Исследования уязвимости сложных экосистем объясняют взаимодействие между природой, обществом и экономическими системами³¹⁷.

Несомненно, уязвимость является комплексным, междисциплинарным понятием, рассматривать, измерять и оценивать которое можно через

³¹¹ Удальцова М. В., Абрамова Е. А. Риски человеческого развития в современном российском обществе как факторы его уязвимости //Вестник НГУЭУ. – 2015. – №. 2.

Кравченко С. А. Становящаяся сложная социальная реальность: проблемы новых уязвимостей //Социологические исследования. – 2013. – №. 5. – С. 3-12.

³¹² Бадина С. В. Моделирование поля плотности социально-экономического потенциала в целях оценки уязвимости территории к природным опасностям на примере Арктической зоны России, Северного Кавказа и Южной Сибири //ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2018. – Т. 24. – №. 1. – С. 212-221.

³¹³ Овченков Н. И., Елисов Л. Н. Оценка уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств в гражданской авиации //Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2014. – №. 204.

Крылов П. М. Транспортная уязвимость населения России в начале XXI в //Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2015. – №. 1. – С. 26-35.

³¹⁴ Костарев С. В. и др. Многоуровневая количественная оценка уязвимости информационно-вычислительной сети. – 2016.

³¹⁵ Ворожейкин В. Н. Анализ уязвимости промышленного предприятия при производстве изделий //Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2014. – №. 1 (41).

Стрижаков Д. В., Стрижакова Е. Н. Промышленная и инвестиционная политика на муниципальном уровне: уязвимые места //Всероссийский экономический журнал ЭКО. – 2014. – №. 9 (483).

³¹⁶ Кесорецких И. И., Зотов С. И. Методика оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям //Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2012. – №. 1.

Ишмуратова М. М., Ишбирдин А. Р., Суюндуков И. В. Использование показателей гемеробии для оценки уязвимости некоторых видов орхидей южного Урала и устойчивости растительных сообществ //Биологический вестник. – 2003. – Т. 7. – №. 1-2. – С. 33-35.

³¹⁷ Wang D. et al. Assessing industrial ecosystem vulnerability in the coal mining area under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 142. – С. 4019-4031.

многовариантный набор различных проекций. Так, Н.А. Махутов Н.А. и Д.О. Резников³¹⁸ выделяют четыре исследовательские проекции, позволяющие идентифицировать, измерить и оценить уровень уязвимости технической системы: физическую, организационную, технологическую и функциональную. Е.В. Шкарупета и др.³¹⁹ выделяют четыре возможные проекции: физическую, экономическую, функциональную и цифровую. Д. Ванг и др.³²⁰ также выделяют четыре проекции оценки уязвимости промышленной экосистемы и классифицируют их следующим образом:

- риск экономических колебаний X1;
- чувствительность промышленной экосистемы X2;
- жизнестойкость промышленной экосистемы X3;
- стабильность промышленной экосистемы X4.

Несмотря на разнообразие подходов к измерению уязвимости³²¹, можно выделить несколько лучших практик в оценке уязвимости. Большинство исследователей придерживается некоторой вариации основной формулы (3.1):

$$\text{Уязвимость} = \text{риск} + \text{реакция}, \quad (3.1)$$

или, как сформулировано в руководстве П. Хольцмана и др.³²²:

$$\text{Уязвимость} = \frac{\text{Базовый}}{\text{уровень}} + \text{Опасность} + \text{Реакция}. \quad (3.2)$$

³¹⁸ Махутов Н. А., Резников Д. О. Оценка уязвимости технических систем и ее место в процедуре анализа риска //Проблемы анализа риска. – 2008. – Т. 5. – №. 3. – С. 72-85.

³¹⁹ Шкарупета Е.В., Енина Е.П., Дударева О.В. Модель оценки уязвимости промышленных экосистем //Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 3 (24). С. 6-12.

³²⁰ Wang D. et al. Assessing industrial ecosystem vulnerability in the coal mining area under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 142. – С. 4019-4031.

³²¹ Дударева О.В. Систематизация методик оценки уязвимости промышленной экосистемы / В сборнике: Управление предприятиями и отраслями строительного комплекса в эпоху цифровой трансформации. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2022. С. 15-17.

³²² Holzmann P. et al. Household Economy Approach, the Bk: A Guide for Programme Planners and Policy-Makers. – Save the Children UK, 2008.

В развитие формул (3.1) и (3.2) стоит отметить, что для того чтобы лучше проводить оценку уязвимости, ученые предложили множество аналитических схем уязвимости, таких как: модель «риск – опасность», модель «давление – состояние – реакция», модель «экспозиция – чувствительность – адаптация» и ряд других. Что касается метода оценки, то в большинстве существующих исследований используется метод композитного индекса. Однако, основываясь на различных аналитических системах, индексы оценки уязвимости, построенные учеными, отличаются друг от друга. Например, при оценке воздействия стихийных бедствий или изменения климата на основе модели «риск – опасность» часто подчеркивается подверженность и чувствительность пострадавшего от опасности объекта к изменениям окружающей среды. Согласно моделям «давление – состояние – реакция» и «экспозиция – чувствительность – адаптация», уязвимость зависит от того, как система может реагировать на бедствия. Поэтому, по сравнению с моделью «риск – опасность», эти две модели в большей степени подчеркивают, что устойчивость имеет решающее значение для уязвимости к бедствиям³²³.

На основе выводов работы³²⁴ автором предлагается уязвимость промышленной экосистемы V оценивать как вероятность выхода конечного состояния экосистемы $KСЭ^*$ за границы заданной области ε_0 пространства состояний промышленной экосистемы Ω_m в результате иницирующего воздействия IB (угроз и больших вызовов):

$$V = P[(\|KСЭ^* - KСЭ^0\| > \varepsilon_0)IB]. \quad (3.3)$$

Тогда стабильность St промышленной экосистемы можно оценить как противоположную уязвимости величину (в соответствии с рисунком 3.6), которая

³²³ Wang D. et al. Assessing industrial ecosystem vulnerability in the coal mining area under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 142. – С. 4019-4031.

Шкарупета Е.В., Енина Е.П., Дударева О.В. Модель оценки уязвимости промышленных экосистем //Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 3 (24). С. 6-12.

³²⁴ Махутов Н. А., Резников Д. О. Оценка уязвимости технических систем и ее место в процедуре анализа риска //Проблемы анализа риска. – 2008. – Т. 5. – №. 3. – С. 72-85.

в случае оценки вероятности примет вид:

$$St = 1 - V. \quad (3.4)$$

Необходимость оценки рисков уязвимости промышленных экосистем в целях повышения их устойчивости объясняется проблемами достижения национальной безопасности в условиях глобального цифрового взаимодействия и изменения структуры экономических процессов.

Промышленные экосистемы повышают экологическую эффективность на уровне системы за счет оптимизации материальных и энергетических потоков, что, однако, вызывает обеспокоенность в отношении устойчивости системы, поскольку эффективность, в традиционном понимании, не обязательно способствует устойчивости³²⁵.

Методологическое переосмысление концепции устойчивого развития промышленных экосистем постулирует необходимость достижения Целей устойчивого развития на основе управления не просто рисками и их последствиями, а именно снижением уязвимости (повышением неуязвимости) экосистем в целях достижения экологической, социальной и экосистемной эффективности³²⁶.

Опираясь на концепцию устойчивости экологических систем и цепочек поставок, уязвимость промышленных экосистем определяется на основе способности системы поддерживать экоэффективные материальные и энергетические потоки в условиях сбоя³²⁷. *Уязвимость* – есть условная вероятность потери устойчивости промышленной экосистемой под влиянием возмущающего воздействия. Мы можем классифицировать промышленную

³²⁵ Zhu J., Ruth M. Exploring the resilience of industrial ecosystems //Journal of environmental management. – 2013. – Т. 122. – С. 65-75.

³²⁶ Дударева О.В. Методологические аспекты оценки рисков уязвимости промышленных экосистем в целях повышения устойчивости // Организатор производства, №1, 2022.

³²⁷ Zhu J., Ruth M. Exploring the resilience of industrial ecosystems //Journal of environmental management. – 2013. – Т. 122. – С. 65-75.

экосистему как устойчивую только после того, как определим природу ее уязвимости³²⁸. Другими словами, уязвимость – это восприимчивость экосистемы к воздействию различных возмущающих событий, например, угроз, больших вызовов, катастроф и т.д.³²⁹.

Снижение уязвимости (повышение неуязвимости) промышленной экосистемы можно рассматривать и как комбинацию отличительных экосистемных свойств, являющихся противоположными повышению устойчивости, жизнеспособности, гибкости, стабильности. Отличительные характеристики снижения уязвимости экосистемы соответствуют набору характеристик снижения чувствительности промышленной экосистемы.

В целом трихотомия «устойчивость (робастность) – жизнестойкость (надежность) – стабильность (уязвимость)» представляет собой метрики *ресурсной безопасности промышленной системы*³³⁰.

Жизнестойкость не означает устойчивость. Устойчивость не означает неуязвимость. Наиболее валидной является модель, включающая четыре возможных варианта отношений между метриками ресурсной безопасности промышленной экосистемы³³¹:

- жизнестойкость (надежность, стабильность, неуязвимость, когерентность) промышленной экосистемы необходимы, но недостаточны для устойчивости;
- жизнестойкость (надежность, стабильность, неуязвимость, когерентность)

³²⁸ Goede D. M. Understanding robustness as an image of sustainable agriculture. – 2014.

Дударева О.В. Управление уязвимостью промышленных экосистем в интересах устойчивого развития // Организатор производства. 2021. Т. 29. №4. С. 77-84.

³²⁹ Волкова С.А., Гунина И.А., Дударева О.В., Елфимова И.Ф., Енина Е.П., Красникова А.В., Кривякин К.С., Логунова И.В., Пестов В.Ю., Рыбкина О.В., Стрижанов И.А., Хвостикова В.А., Шотыло Д.М. Обеспечение экономической безопасности на режимных объектах коллективная монография / Воронеж, 2019.

Гунина И.А., Дударева О.В., Савич Ю.А. Оценка экономических угроз на режимных объектах. Курск, 2019.

Гунина И.А., Савич Ю.А., Дударева О.В. Оценка экономических угроз на предприятиях. Практикум: учебное пособие. Курск, 2021.

³³⁰ Дударева О.В. Развитие организаций как процесс обеспечения их эффективного функционирования / В сборнике: Проблемы современных экономических, правовых и естественных наук в России. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. 2017. С. 163-166.

³³¹ Derissen S., Quaas M. F., Baumgärtner S. The relationship between resilience and sustainability of ecological-economic systems // Ecological Economics. – 2011. – Т. 70. – №. 6. – С. 1121-1128.

промышленной экосистемы достаточны, но не необходимы для устойчивости;

– жизнестойкость (надежность, стабильность, неуязвимость, когерентность)

промышленной экосистемы не являются ни необходимыми, ни достаточными для устойчивости;

– жизнестойкость (надежность, стабильность, неуязвимость, когерентность)

промышленной экосистемы необходимы и достаточны для устойчивости.

На семантическом методологическом уровне управления устойчивым развитием промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций можно построить несколько трихотомических взаимосвязей:

– трилогизм концепций устойчивого развития: концепция потребностей → концепция развития → концепция будущих поколений;

– трилогизм ESG-факторов, «тройного дна» устойчивости: экологические факторы, экологическая устойчивость → социальные факторы, социальная устойчивость → корпоративные факторы, экономическая устойчивость;

– трилогизм принципов всеобщего устойчивого промышленного развития: всеобщее процветание → экономическая конкурентоспособность → снижение планетарной нагрузки;

– трилогизм принципов Индустрии 5.0: жизнестойкость → человекоцентричность → устойчивость;

– трилогизм концепции управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций: промышленный симбиоз → Индустрия 5.0 → устойчивое развитие;

– трилогизм эффективного управления устойчивым развитием промышленных экосистем: неуязвимость → жизнестойкость → устойчивость.

Технологический уровень методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем

На технологическом уровне методологии управления устойчивым развитием

в рамках технологического общенаучного подхода формируются модели, оценки, прогнозы, проекты и программы управления устойчивым развитием промышленных экосистем.

В условиях технологических трансформаций на технологическом уровне методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем закладываются методологические подходы к созданию управляемой инфраструктуры цифрового развития: цифровых платформ, цифровых экосистем и т.д., внедрению цифровых технологий в промышленные экосистемы.

Ядром формирования операционной среды для построения цифровой платформы являются три технологических стека: IaaS, PaaS и SaaS (рисунок 3.7).

В настоящее время активно формируются цифровые экосистемы промышленных предприятий, интегрированных промышленных структур, в том числе на основе федеральной поддержки. Примерами цифровых экосистем, предназначенных для промышленности, являются:

- решения группы компаний «Цифра»³³² по повышению эффективности промышленности с помощью искусственного интеллекта и платформы на основе промышленного интернета вещей;
- цифровая экосистема Plantweb™ Digital Ecosystem компании Emerson³³³ – портфель надежных, масштабируемых технологий, программного обеспечения и сервисов, предоставляющих сотрудникам производственную информацию, которая помогает добиться производительности высочайшего уровня;
- экосистема повышения производительности труда³³⁴ в рамках национального проекта «Производительность труда»;
- цифровая экосистема промышленного снабжения Isource³³⁵ и др.

³³² ГК «Цифра». <https://www.zyfra.com/ru/>.

³³³ Emerson. <https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/operations-business-management/plantweb-digital-ecosystem>.

³³⁴ Цифровая экосистема производительности труда. https://www.economy.gov.ru/material/file/eac0a5640999e40cb222414e35cd596c/cifrovaya_ekosistema.pdf.

³³⁵ Isource. <https://www.isource.ru>.

IaaS – облачная инфраструктура как услуга	PaaS – облачная платформа как услуга	SaaS – облачное программное обеспечение как услуга
• Предоставляемый сервис: пул виртуальных ресурсов (vCPU, RAM, дисковое пространство) • Потребитель: ИТ-отдел компании • За что отвечает провайдер: доступность виртуальных серверов, работоспособность оборудования • Уровень контроля: Высокий: пользователь управляет операционной системой, промежуточным ПО, данными и приложениями	• Предоставляемый сервис: платформа с набором инструментов • Потребитель: разработчики приложений • За что отвечает провайдер: доступность платформы, ее производительность • Уровень контроля: средний: пользователь управляет данными и приложениями. Всем, что находится на более низком уровне, управляет провайдер	• Предоставляемый сервис: готовое ПО в облаке • Потребитель: конечные пользователи • За что отвечает провайдер: доступность, работоспособность, функционал приложения • Уровень контроля: низкий: пользователю доступен функционал сервиса (его объем, как правило, регулируется тарифами). Сам сервис полностью находится под управлением провайдера

Источник: составлено по материалам³³⁶

Рисунок 3.7 – Модели формирования операционной среды цифровых платформ

Для промышленных экосистем, функционирующих на принципах промышленного симбиоза в РФ, формируется пока единственная в стране экосистема промышленного симбиоза³³⁷ на основе цифровой платформы промышленного симбиоза в рамках рынка EcoNet Национальной технологической инициативы (НТИ). Формирование экосистемы в настоящее время происходит с опорой на международный консорциум на базе Санкт-Петербургского кластера чистых технологий для городской среды. Оператором создания цифровой платформы промышленного симбиоза выступает участник данного кластера –

³³⁶ IaaS, SaaS, PaaS — обзор каждой модели, отличия, примеры и область применения. 2021. https://cloud.mts.ru/cloud-thinking/blog/iaas-saas-paas/?utm_source=googleadwords-search&utm_medium=cpc&utm_campaign=13707732422&utm_term=124745361032.%7Bphrase_id%7D.545324004873.&utm_content=sir.dinamica.google&gclid=Cj0KCQiAxiQBhCRARIsAPsvo-x0mD-2OE9DkIVra3YZMkXK_HtKYzvSy9QzLqCUB-u5DVPgJeGnoCaAggcEALw_wcB.

³³⁷ Создание экосистемы промышленного симбиоза в России через развитие центров промышленного симбиоза. 2020. <https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/538tc6fopjc4wc00k8kwo4wo0os88o>.

На базе ИТМО Хайпарка появится первый в России центр промышленного симбиоза. 2021. https://news.itmo.ru/ru/startups_and_business/partnership/news/10385/.

ООО «Тайрмен групп»³³⁸.

Прикладной (научно-методический) уровень методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем

Прикладной (научно-методический) уровень методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем определяет инструментарий, приемы исследования и применения на практике полученных знаний³³⁹ и будет рассмотрен в четвертой главе настоящего исследования.

3.2 Закономерности и принципы управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций

Исходя из представленных общенаучных подходов, в исследовании необходимо выявить закономерности и методологические принципы управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

Среди закономерностей в методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций возможно выделить следующие пять³⁴⁰:

- метасистемные закономерности;
- структурные закономерности;
- функциональные закономерности;

³³⁸ Tyreman Group планирует разработать цифровую платформу промышленного симбиоза. 2020. <https://tyreman.ru/tpost/z0fbgma0ex-tyreman-group-planiruet-razrabotat-tsifr>.

³³⁹ Ромашенко Т. Д., Трещевский Ю. И., Трещевская Н. Ю. Методология научного исследования экономики, управления и финансов. – Воронеж, 2009. – С. 8.

³⁴⁰ Карпов А. В., Карпов А. А. Системная методология как основа разработки проблемы метакогнитивных способностей личности //Системная психология и социология. – 2014. – №. 3. – С. 11-19.

- генетические закономерности;
- интегративные закономерности.

Если отталкиваться от семантики и этимологии термина «принцип» (т.е. определенный набор правил и регламентов осуществления какой-либо полезной общественной или индивидуальной деятельности³⁴¹), то здесь в первую очередь принято упоминать классические принципы управления, изложенные А. Файолем³⁴² в начале XX века.

Принципы, которые могут быть использованы для управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций, представлены на рисунках 3.8-3.9.

В основании методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций находятся общенаучные принципы комплексности, многопричинности, системности, историзма и др.

В 2000 году Дж. Корхонен сделал вывод, что промышленная система функционирует на основе иных принципов системного развития, нежели экосистема. Им выделены четыре экосистемных принципа для промышленных экосистем: кругооборот, разнообразие, локализация и постепенное изменение³⁴³.

³⁴¹ Философский словарь / под ред. И.Т. Фролова – М.: Издательство «Республика», 2011 – С.522

³⁴² Герчикова И.Н. Менеджмент: изд.4-е, дополненное – М.: Юнити-Дана, 2010.

³⁴³ Korhonen J. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem //Journal of Cleaner production. – 2001. – Т. 9. – №. 3. – С. 253-259.

Принципы экосистемного подхода

- 1. Задачи управления развитием определяются обществом на основе его основополагающих интересов
- 2. Управление должно быть по возможности максимально децентрализованным
- 3. Органы управления экосистемами должны учитывать влияние своей деятельности (действительное или возможное) на смежные или любые другие экосистемы
- 4. Признавая возможность положительных результатов управления, следует, тем не менее, понимать функционирование экосистемы и осуществлять управление ею в экономическом контексте
- 5. Одной из первоочередных задач экосистемного подхода является сохранение структуры и функций экосистемы в целях поддержания экосистемных услуг
- 6. Управление экосистемами должно осуществляться только в пределах естественного функционирования
- 7. Экосистемный подход следует осуществлять в соответствующих пространственных и временных масштабах
- 8. Учитывая изменчивость временных характеристик и возможность отсроченных последствий, свойственных экосистемным процессам, цели управления экосистемой должны быть долговременными
- 9. При управлении экосистемами необходимо учитывать неизбежность изменений
- 10. Экосистемный подход должен обеспечивать достижение надлежащего равновесия между сохранением и использованием биологического разнообразия и их интеграцию
- 11. К реализации экосистемного подхода должны быть привлечены все заинтересованные группы общества и научные дисциплины

Принципы устойчивого развития

- 1. Обеспечение потребностей и забота об обществе нынешнего и будущих поколений
- 2. Постоянное повышение общего качества жизни и снижение неравенства
- 3. Защита и сохранение окружающей среды, биоразнообразия и экосистем
- 4. Защита и сохранение природных ресурсов с рациональным использованием возобновляемых ресурсов и уменьшением истощения невозобновляемых ресурсов
- 5. Изменение производства и потребления с учетом экологических ограничений
- 6. Использование возобновляемых источников энергии и инновационных технологий для снижения негативного воздействия на окружающую среду
- 7. Укрепление международного сотрудничества на национальном, региональном и местном уровнях
- 8. Создание институциональной структуры с сильной сетью сторон, заинтересованных в реализации концепции устойчивого развития

ESG-принципы

- 1. Ответственное отношение к окружающей среде
- 2. Высокая социальная ответственность
- 3. Высокое качество корпоративного управления

Источник: составлено по материалам³⁴⁴

Рисунок 3.8 – Принципы устойчивого развития, экосистемного подхода и ESG

³⁴⁴ 12 принципов экосистемного подхода и их обоснование. Решение конференции сторон UNEP/CBD/COP/7/21. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-07-dec-11-ru.pdf>.

Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml.

Принципы всеобщего и устойчивого промышленного развития	Принципы промышленных экосистем по Дж. Корхонену	Принципы симбиоза + промышленного симбиоза	Принципы циркулярной экономики
•1. Достижение всеобщего процветания •2. Развитие экономической конкурентоспособности •3. Защита окружающей среды	•1. Кругооборот •2. Разнообразие •3. Локализация •4. Постепенное изменение	•1. Невмешательство во внутренние процессы входящих в экосистему акторов •2. Взаимная заинтересованность акторов во взаимопонимании и сотрудничестве, развитии экосистемы в целом •3. Кооперация акторов на основе мутуализма •4. Специализация и сотрудничество •5. Рециркуляция потоков •6. Эмерджентность поведения •7. Экономия ресурсов •8. Утилизация и/или каскадирование	•1. Регулирование входов в экосистему в соответствии со скоростью регенерации •2. Регулирование выходов из системы в соответствии со скоростью поглощения •3. Закрытие экосистемы •4. Сохранение ценности ресурсов в экосистеме •5. Уменьшение размера экосистемы •6. Проектирование •7. Обучение

Источник: составлено по материалам³⁴⁵

Рисунок 3.9 – Принципы ВУПР, промышленных экосистем, промышленного симбиоза и циркулярности

³⁴⁵ Стратегия ВУПР (ISID). http://www.unido.ru/overview/strategija_isid/.

Korhonen J. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem //Journal of Cleaner production. – 2001. – Т. 9. – №. 3. – С. 253-259.

Парахина В. Н., Перов В. И. Принципы симбиоза новые современные принципы развития социально-экономических систем //Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2008. – №. 3. – С. 18-20.

Suárez-Eiroa B. et al. Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice //Journal of cleaner production. – 2019. – Т. 214. – С. 952-961.

В результате автором выделены и предложены следующие *принципы управления устойчивым развитием промышленных экосистем, отражающие вызовы технологических трансформаций*:

- 1 Принцип взаимозависимости.
- 2 Принцип всеобщего процветания.
- 3 Принцип гетерогенности (разнообразия).
- 4 Принцип глокализации автономности и взаимосвязанности акторов.
- 5 Принцип глокализации устойчивости (стабильности, порядка, равновесия) и развития (изменчивости, хаоса).
- 6 Принцип децентрализации управления.
- 7 Принцип долговременности целей управления устойчивым развитием промышленных экосистем.
- 8 Принцип имманентной устойчивости.
- 9 Принцип инклюзивности.
- 10 Принцип когерентности.
- 11 Принцип коллективного целеполагания.
- 12 Принцип конвергенции естественного и искусственного интеллектов.
- 13 Принцип идиосинкразической и ковариативной конкурентоспособности.
- 14 Принцип коэволюции.
- 15 Принцип локализации.
- 16 Принцип междисциплинарности и кросс-отраслевого взаимодействия.
- 17 Принцип метасистемности.
- 18 Принцип модуляризации, платформизации.
- 19 Принцип мультимодальности.
- 20 Принцип наибольшего ускорения в условиях перехода от Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0.
- 21 Принцип неизбежности изменений.
- 22 Принцип одноранговости отношений.
- 23 Принцип открытости и отсутствия барьеров.
- 24 Принцип отсутствия достаточной необходимости жизнестойкости

(надежности, стабильности, неуязвимости, когерентности) для устойчивости.

- 25 Принцип постепенности изменений.
- 26 Принцип промышленного симбиоза в форме мутуализма.
- 27 Принцип рециркуляции.
- 28 Принцип самоуправления, гомеостаза, саморазвития.
- 29 Принцип соблюдения интересов.
- 30 Принцип созидательности.
- 31 Принцип солидарологии.
- 32 Принцип ускорения интеллектуализации.
- 33 Принцип учета интересов текущего и будущего поколений.
- 34 Принцип человекоцентричности в эпоху антропоцена.
- 35 Принцип экономии ресурсов.
- 36 Принцип эмерджентности поведения.

Выделенные принципы устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций можно систематизировать по шести укрупненным группам (таблица 3.3):

- 1) группа принципов будущности в рамках методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций;
- 2) группа принципов сотрудничества акторов;
- 3) группа принципов развития;
- 4) группа принципов организации управления;
- 5) группа принципов симбиоза;
- 6) группа принципов технологизации.

Таблица 3.3 – Систематизация принципов управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций

1 Принципы будущего	2 Принципы сотрудничества	3 Принципы развития
1.1 Принцип всеобщего процветания	2.1 Принцип когерентности	3.1 Принцип неизбежности изменений
1.2 Принцип учета интересов текущего и будущего поколений	2.2 Принцип открытости и отсутствия барьеров	3.2 Принцип коэволюции
1.3 Принцип созидательности	2.3 Принцип глокализации автономности и взаимосвязанности акторов	3.3 Принцип постепенности изменений
1.4 Принцип человекоцентричности в эпоху антропоцена	2.4 Принцип солидарологии	3.4 Принцип имманентной устойчивости
	2.5 Принцип взаимозависимости	3.5 Принцип отсутствия достаточной необходимости жизнестойкости (надежности, стабильности, неуязвимости, когерентности) для устойчивости
	2.6 Принцип соблюдения интересов	3.6 Принцип гетерогенности (разнообразия)
	2.7 Принцип эмерджентности поведения	3.7 Принцип глокализации устойчивости (стабильности, порядка, равновесия) и развития (изменчивости, хаоса)
	2.8 Принцип междисциплинарности и кросс-отраслевого взаимодействия	
	2.9 Принцип инклюзивности	

4 Принципы организации управления	5 Принципы симбиоза	6 Принципы технологизации
4.1 Принцип децентрализации управления	5.1 Принцип промышленного мутуализма	6.1 Принцип модуляризации, платформизации
4.2 Принцип самоуправления, гомеостаза, саморазвития	5.2 Принцип экономии ресурсов	6.2 Принцип конвергенции естественного и искусственного интеллектов
4.3 Принцип одноранговости отношений	5.3 Принцип рециркуляции	6.3 Принцип интеллектуализации
4.4 Принцип локализации		6.4 Принцип наибольшего ускорения в условиях перехода от Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0
4.5 Принцип коллективного целеполагания		6.5 Принцип метасистемности
4.6 Принцип долговременности целей управления		6.6 Принцип мультимодальности
4.7 Принцип идиосинкразической и ковариативной конкурентоспособности		

Источник: составлено автором

Предложенную методологическую систему принципов управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций необходимо соотнести с пятью методологическими закономерностями, представленными выше, следующим образом:

- принципы будущности описываются метасистемными закономерностями;
- принципы сотрудничества описываются интегративными закономерностями;
- принципы развития описываются генетическими закономерностями;
- принципы организации управления и принципы симбиоза описываются функциональными закономерностями;
- принципы технологизации описываются структурными закономерностями.

Таким образом, разработанная система принципов как исходных положений и описывающих их причинно-следственные связи закономерностей позволяет методологически охватить весь спектр управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

3.3 Методы управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций

Методология управления устойчивым развитием промышленных экосистем помимо закономерностей и принципов включает в себя теоретический анализ совокупности методов организации управления в условиях технологических трансформаций.

В качестве основных постулатов организации управления устойчивым развитием промышленных экосистем необходимо обозначить следующие:

1. *Субъект управления* в системе управления устойчивым развитием промышленных экосистем формируется на основе распределения между акторами

новых ролей – оркестратора экосистемы (в некоторых источниках «дирижера»³⁴⁶, «пейсмейкера» (Pacemaker)³⁴⁷, или (синонимы) «пейссеттера» (Pacesetter)³⁴⁸, «мастеринтеллекта» (Mastermind)³⁴⁹ как интеллектуального лидера, задающего темп экосистемному развитию, «мэтчмейкера» (Matchmakers)³⁵⁰ как сетевого оркестратора).

В ряде случаев роль оркестратора в промышленной экосистеме играет *специализированная организация*, выполняющая роль посредника между сотрудничающими компаниями.

Выделение роли оркестратора экосистемы в русле институциональных изменений при переходе от классической экономики к экономике экосистем представлено на рисунке 3.10.

³⁴⁶ Трофимов О. В., Захаров В. Я., Фролов В. Г. Экосистемы как способ организации взаимодействия предприятий производственной сферы и сферы услуг в условиях цифровизации //Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2019. – №. 4 (56). – С. 43-55.

Захаров В. Я., Фролов В. Г., Трофимов О. В. Методологические аспекты развития сложных экономических систем в условиях цифровой трансформации промышленности //Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2020. – №. 2 (58).

³⁴⁷ Гамидуллаева Л. А., Толстых Т. О., 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. – С. 29-48.

Толстых Т. О., Шмелева Н. В., Агаева А. М. Методика оценки уровня зрелости экономической безопасности предприятий в промышленных экосистемах //Регион: системы, экономика, управление. – 2020. – №. 4 (51).

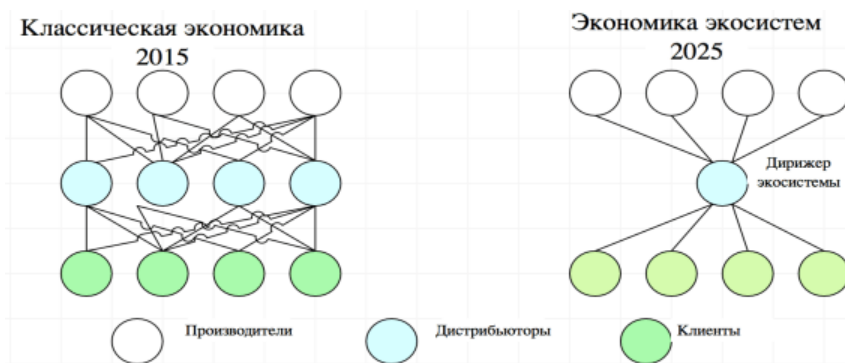
Tolstykh T. et al. The entropy model for sustainability assessment in industrial ecosystems //Inventions. – 2020. – Т. 5. – №. 4. – С. 54.

Tolstykh T. et al. Regional development in Russia: An ecosystem approach to territorial sustainability assessment //Sustainability. – 2020. – Т. 12. – №. 16. – С. 6424.

³⁴⁸ Актор экосистемы, который является наиболее прогрессивным или успешным и служит образцом для подражания, который задает темп, как в гонках

³⁴⁹ Актор экосистемы, который является инициатором или несет основную ответственность за реализацию конкретной идеи, проекта

³⁵⁰ Zaoual A. R., Lecocq X. Orchestrating circularity within industrial ecosystems: Lessons from iconic cases in three different countries //California Management Review. – 2018. – Т. 60. – №. 3. – С. 133-156.



Источник:³⁵¹

Рисунок 3.10 – Роль оркестратора экосистемы в логике институциональных преобразований при переходе от классической экономики к экономике экосистем

Кроме того, в промышленной экосистеме можно говорить о «*фасилитаторе*», в роли которого выступает актор, содействующий успешной экосистемной коммуникации. В качестве фасилитаторов в экосистеме могут выступать:

- государственный институт;
- промышленная компания – актор экосистемы или привлеченная со стороны;
- университет или научная организация;
- общественность и гражданское общество, основанные на СМИ и культуре.

Ожидания от деятельности фасилитатора³⁵² включают улучшение структуры и ответственность за постоянный прогресс, инновационные решения и сотрудничество между компаниями, которые обычно не взаимодействуют друг с другом. Коллаборируя на основе нетворкинга и неформальных сетей с организациями, разделяющими схожие ценности и подходы к устойчивому

³⁵¹ Шкарупета Е.В. Управление развитием промышленных комплексов в условиях реиндустриализации. Дисс.. д-ра экон.наук. Москва, 2019.

³⁵² Орлов А. Б. Фасилитатор и группа: от интерперсонального к транс-персональному общению //Консультативная психология и психотерапия. – 1994. – Т. 3. – №. 2.

Дегтерева Л. Б. ФАСИЛИТАТОР: КТО ЭТО? //Научно-методический журнал Поиск. – 2021. – №. 1. – С. 40-41.

Загоруля Т. Б. Менеджер-фасилитатор в современной организации //Менеджмент и предпринимательство в парадигме устойчивого развития. – 2020. – С. 64-66.

развитию, и налаживая с ними связи, фасилитатор может получить множество преимуществ, таких как расширение знаний по теме, информация о предстоящих проектах и возможностях финансирования, а также знакомство с соответствующими заинтересованными сторонами и организациями. Фасилитатор должен обладать предпринимательским складом ума, активной позицией, терпением в процессе, упорной работоспособностью, верой в идею и удачей.

2. *Процесс управления* в виде прямого управленческого воздействия субъекта на объект в промышленной экосистеме отсутствует, оркестратор не управляет другими акторами. «Он лишь задает изначальные цели, первичные стандарты взаимодействий»³⁵³.

Процесс оркестрации экосистемы можно определить как «набор преднамеренных, целенаправленных действий»³⁵⁴ ведущей фирмы (оркестратора) лишь по обеспечению институциональной стабильности, соблюдению экосистемных правил всеми акторами³⁵⁵.

3. *Функции управления* в своем классическом представлении претерпевают значительные изменения в системе управления устойчивым развитием промышленной экосистемы.

Основной управленческой функцией в контексте мировоззренческих аспектов солидарологии выступает *коллективное целеполагание акторов* в промышленной экосистеме. Целеполагание в промышленной экосистеме формируется через коллективный образ будущего, когда субъект управления не имеет монополии на ресурсы и производственные мощности. Природной метафорой коллективного управления является *мурмурация* – скоординированный полет больших птичих стай. Динамические структуры, создаваемые птицами, позволяют им получать максимальное количество необходимой информации от

³⁵³ 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.

³⁵⁴ Dhanaraj C., Parkhe A. Orchestrating innovation networks // Academy of management review. – 2006. – Т. 31. – №. 3. – С. 659-669.

³⁵⁵ Zaoual A. R., Lecocq X. Orchestrating circularity within industrial ecosystems: Lessons from iconic cases in three different countries // California Management Review. – 2018. – Т. 60. – №. 3. – С. 133-156.

стаи. Поэтому особи, сбивающиеся в стаи, стремятся поддерживать такую плотность, при которой они способны оптимально собирать информацию из своего окружения³⁵⁶.

Другой важной функцией управления в системе управления устойчивым развитием промышленной экосистемы становится функция *координации* оркестратором акторов экосистемы.

Помимо самых важных функций коллективного целеполагания и координации у оркестратора экосистемы возникают *дополнительные функции управления* коммуникациями, отбора акторов, согласования, разработки бизнес-планов, выявления лучших практик и кейсов, адаптации и оценки экосистемной зрелости³⁵⁷, мотивации, координации и управления различными интересами, достижения и сохранения когерентности и согласованности между акторами в экосистеме.

4. В промышленной экосистеме при выделенной роли оркестратора возможно осуществлять только децентрализованное управление. Другими словами, отличительной чертой экосистемы является «отсутствие централизованной системы управления, замена вертикали власти одноранговыми отношениями между акторами»³⁵⁸.

В централизованной системе управления онтологическая модель выглядит следующим образом: из единого – разное, из разного – новое целое. Эффективность производства в этой модели достигается за счет углубления специализации и разделения труда³⁵⁹. В централизованной системе управления целеполаганием занимается субъект, имеющий контроль ресурсов и производственных мощностей.

³⁵⁶ Frew T. The mystery behind starling flocks explained. 2014. https://warwick.ac.uk/newsandevents/pressreleases/the_mystery_behind/.

³⁵⁷ Babkin, A., Glukhov, V., Shkarupeta, E., Kharitonova, N., Barabaner, H. Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation. International Journal of Technology. 2021. Volume 12(7), pp. 1397-1406.

Дударева О.В., Дударев Д.Н., Гончаров А.Ю. Модель оценки динамики зрелости промышленных экосистем // Наука Красноярья. 2021. Т. 10. № 1. С. 38-54.

³⁵⁸ Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ КИБЕРСОЦИАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА ИНДУСТРИИ 5.0: ПОНЯТИЕ, СУЩНОСТЬ, МОДЕЛЬ // Экономическое возрождение России. 2021. № 4 (70). С. 39-62.

³⁵⁹ Красникова А.В., Дударева О.В. Экономика производства на режимных объектах. Воронеж, 2019.

Поэтому в централизованной системе управления целеполагание и формирование вектора развития и образа будущего всегда является субъективным³⁶⁰.

В основе управления развитием любой экономической, в том числе и промышленной, экосистемы лежит онтологическая, то есть смысловая система управления, которая выглядит следующим образом: из единого – разное, из разного – гармония, из гармонии – новое единое целое. Эффективность производства в этой модели также достигается за счет углубления специализации и разделения труда, но на качественно новом уровне³⁶¹.

5. Как справедливо отмечает Б.Г. Клейнер³⁶², в экосистеме отсутствует механизм централизованного управления; на первое место выходит самоорганизация и самоуправление, саморегуляция (гомеостаз) акторов. В.В. Глухов, А.В. Бабкин, Е.В. Шкарупета и В.А. Плотников развивают этот тезис в направлении «замены вертикали власти одноранговыми отношениями между акторами»³⁶³.

6. Невозможно на основе директивных управленческих воздействий и реализации управленческих функций создать промышленную экосистему. Возможно управлять созданием лишь составных компонентов, акторов промышленной экосистемы, к которым ранее нами отнесены кластеры, технопарки (экотехнопарки), индустриальные (эко-индустриальные) парки, платформы (эко-платформы), сети (эко-индустриальные сети), бизнес-инкубаторы и т.д. Все акторы будущей промышленной экосистемы должны функционировать и развиваться на принципах промышленного симбиоза, а также придерживаться общих ценностей и

³⁶⁰ Костень Д. Экономика Созидания. Реализация принципов децентрализации в экосистеме и смысловые системы управления. 2021.

³⁶¹ Костень Д. Экономика Созидания. Реализация принципов децентрализации в экосистеме и смысловые системы управления. 2021.

³⁶² Клейнер Г. Б. Социально-экономические экосистемы в свете системной парадигмы // Системный анализ в экономике—2018: Сб. трудов V Международной научно-практической конференции—биеннале (21—23 ноября 2018 г.). М.: Прометей. – 2018. – С. 5-14.

³⁶³ Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ КИБЕРСОЦИАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА ИНДУСТРИИ 5.0: ПОНЯТИЕ, СУЩНОСТЬ, МОДЕЛЬ // Экономическое возрождение России. 2021. № 4 (70). С. 39-62.

Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ // Экономика и управление. 2021. Т. 27. № 10 (192). С. 751-765.

отличаться крайне высоким уровнем доверия и коллаборации. При благоприятном стечении внешних обстоятельств в таком случае может в будущем сформироваться именно промышленная экосистема, при неблагоприятном – возможно говорить лишь о сетях и/или платформах промышленного симбиоза.

7. Трансформация классических функций управления в промышленной экосистеме влечет за собой трансформацию классических методов управления³⁶⁴.

Устоявшаяся классификация методов управления включает организационно-административные, социально-психологические и экономические методы:

1. В условиях управления устойчивым развитием промышленной экосистемы в качестве главного *организационно-административного метода* выступает *метод проектов*. *Кластер проектов* как разновидность проектного метода управления устойчивым развитием промышленных экосистем представляет собой группу проектов, состоящую из двух отдельных подгрупп³⁶⁵: проекты по технологическим процессам и проекты, разрабатывающие инструменты и методики содействия промышленному симбиозу.

При наличии оркестратора промышленной экосистемы применяются управленческие *методы «снизу вверх»*.

Методы управления изменениями в рассматриваемой методологии также трансформируются в направлении *методов управления изменениями изменяющихся процессов*.

2. На первое место в группе *социально-психологических методов* в системе управления устойчивым развитием промышленных экосистем выходят *мягкие методы управления*³⁶⁶. Особой разновидностью таких методов, применяемых в промышленных экосистемах, являются методы организации сообществ,

³⁶⁴ Дударева О.В. Инструментарий управления устойчивым развитием промышленных экосистем // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 3 (24). С. 67-70.

³⁶⁵ Study and portfolio review of the cluster of projects on industrial symbiosis in the Directorate for Prosperity in DG Research and Innovation: Findings and recommendations. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f26dfd11-6288-11ea-b735-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-120515772>.

³⁶⁶ Харченко К.В. Мягкое управление в современном обществе: тактика или стратегия? // Технологии мягкого управления в социальных системах: Сборник научных трудов. – Белгород: Константа, 2007. – С.21-24.

долгосрочных и создающих ценность партнерских отношений, в том числе вариационные методы экологии сообществ (синэкологии)³⁶⁷.

В эпоху возрастания интеллектуализации при переходе от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0 все большее значение приобретают *когнитивные методы управления*³⁶⁸.

3. В группе *экономических методов* управления устойчивым развитием промышленных экосистем применяются *методы конкуренции*, когда субъект управления конкурирует смыслами с другими акторами за привлечение ресурсов и производственных мощностей в реализацию своего проекта.

Выводы по главе 3

Методология управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций представлена как спектр от преимущественно количественного подхода к преимущественно качественному подходу, являясь по сути мультиметодным, междисциплинарным исследованием на основе континуума методологических подходов, закономерностей и принципов.

Разработанная архитектура методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем основана на содержательно-функциональной концепции методологического анализа научного знания и включает шесть уровней: гносеологический, парадигмальный (мировоззренческий), метауровень (онтологический), научно-содержательный (семантический), технологический и научно-методический (прикладной) уровни. Разработана таксономия

³⁶⁷ Левич А.П. Искусство и метод в моделировании систем: вариационные методы в экологии сообществ, структурные и экстремальные принципы, категории и функторы. Проект РФФИ. https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1781834.

³⁶⁸ Дударева О.В. Когнитивные инструменты цифровой трансформации сложных систем / В сборнике: Общество и экономическая мысль в XXI в.: пути развития и инновации. Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию филиала. 2021. С. 393-395.

общенаучных методологических подходов, включающая диалектический, критический (оценочный), исторический, политический, системный, синергетический, экосистемный, кибернетический, ценностный, метасистемный, междисциплинарный, кибер-социо-техно-когнитивный, технологический, ценологический и методический подходы.

В основу методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций положены общенаучные принципы комплексности, многопричинности, системности, историзма и др. По результатам системного исследования 8 принципов устойчивого развития, 11 принципов экосистемного подхода, 3 ESG-принципов, 3 принципов ВУПР, 4 принципов промышленных экосистем, 8 принципов промышленного симбиоза и 7 принципов циркулярности сформирована авторская таксономия 36 *принципов* управления устойчивым развитием промышленных экосистем, отражающих вызовы технологических трансформаций. Выделенные принципы систематизированы по шести укрупненным группам. В результате предложенная система принципов управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций соотнесена с пятью методологическими закономерностями следующим образом:

- принципы будущности описываются метасистемными закономерностями;
- принципы сотрудничества описываются интегративными закономерностями;
- принципы развития описываются генетическими закономерностями;
- принципы организации управления и принципы симбиоза описываются функциональными закономерностями;
- принципы технологизации описываются структурными закономерностями.

Выделены основные постулаты управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций:

- субъект управления в экосистеме выступает в ролях оркестратора, пейсмейкера, фасилитатора;
- в экосистеме отсутствуют прямые управленческие воздействия, возможен

лишь процесс оркестрации как обеспечение институциональной стабильности, соблюдение экосистемных правил всеми акторами. При управлении устойчивым развитием промышленных экосистем возможно только децентрализованное управление, примат одноранговых отношений над вертикалью власти. Существенную роль играет самоорганизация, гомеостаз акторов;

– основными функциями управления выступают коллективное целеполагание, мотивация и координация. Появляются дополнительные специфические функции, такие как *управление* коммуникациями, отбор акторов, адаптация и оценка экосистемной зрелости, управление различными интересами.

В результате разработки методов управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций сделан вывод, что трансформация классических функций управления в промышленной экосистеме влечет за собой трансформацию классических методов управления: в качестве главного организационно-административного метода выступает метод проектов и инструмент «кластер проектов». Применяются управленческие *методы «снизу вверх»*, *методы управления изменениями изменяющихся процессов*. На первое место в группе *социально-психологических методов* в системе управления устойчивым развитием промышленных экосистем выходят *мягкие методы управления*, *когнитивные методы управления*. В группе *экономических методов* применяются *методы конкуренции* за привлечение ресурсов и производственных мощностей.

Глава 4. МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

4.1 Практико-ориентированный методический подход к исследованию опыта управления устойчивым развитием промышленных экосистем

После формирования методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций (глава 3 настоящего исследования) в соответствии с гносеологическим (эпистемологическим) направлением когнитивного движения «методология → методологические (общенаучные) подходы → общенаучные методы → конкретно-научные методы (методические подходы) → методика → инструменты» разработаем необходимый инструментарий, включающий ряд методических подходов, методик и алгоритмов управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

В контексте настоящего исследования предлагается практико-ориентированный *методический подход к исследованию опыта управления устойчивым развитием промышленных экосистем*, включающий 8 этапов (рисунок 4.1).



Источник: разработано автором

Рисунок 4.1 – Методический подход к исследованию опыта управления устойчивым развитием промышленной экосистемы

Этап 1. Исследование национального среза промышленных экосистем, в том числе эко-индустриальных парков и сетей промышленного симбиоза

В настоящее время в мире создано значительное количество промышленных экосистем, функционирующих по промышленному симбиозу, эко-индустриальных парков и зон. Лучшими практиками обладают следующие из них³⁶⁹:

- Промышленный симбиоз Калуннборг, Дания – www.symbiosis.dk/en.
- Технологический парк Дигиполис, Кеми-Торнио, Финляндия – <https://www.digipolis.fi/en/home> (Приложение В, рисунок В.11).
- Кластер Эйде, экспертный центр по устойчивому развитию перерабатывающей промышленности, Норвегия – <https://www.eydecluster.com/en/>.

³⁶⁹ Symbiosis Center Denmark. <https://symbiosecenter.dk/en/sharing-knowledge/>.

- Индустриальный парк Мальме, Швеция – www.malmoindustrialpark.com.
- Промышленный симбиоз Хельсингборг, Швеция – <http://www.industriellekologi.se/symbiosis/helsingborg.html> (Приложение В, рисунок В.15).
- Промышленный симбиоз Норрчёпинг, Швеция – www.industriellekologi.se/symbiosis/norrkoping.html (Приложение В, рисунок В.14).
- Промышленный симбиоз Лидчёпинг, Швеция – www.industriellekologi.se/symbiosis/lidkoping.html (Приложение В, рисунок В.13).
- Промышленный симбиоз Каверау, Новая Зеландия – www.embracechange.co.nz.
- Промышленная зона Квинана, Австралия – www.kic.org.au/environment/synergies.

Ряд исследований посвящены рассмотрению опыта создания эко-индустриальных парков в Канаде (индустриальный парк Бернсайд³⁷⁰) и Великобритании («цифровые катапульты» как площадки кооперации³⁷¹), странах Азиатскоокеанского региона (Южной Кореи, КНР, Вьетнаме)³⁷², Фландрии (Бельгии)³⁷³, экосистемы целлюлозно-бумажной³⁷⁴ (Приложение В, рисунок В.1) и угольной промышленности Китая (промышленные парки Юшен (Приложение В, рисунок В.2), Далу (Приложение В, рисунок В.3) и Лунань³⁷⁵ (Приложение В,

³⁷⁰ Wright R. A. et al. Diversity and connectance in an industrial context: The case of Burnside Industrial Park //Journal of Industrial Ecology. – 2009. – Т. 13. – №. 4. – С. 551-564.

Noronha J. Scavengers and decomposers in an industrial park system: a case study of Burnside Industrial Park : дис. – Master's Thesis, Dalhousie University, Halifax, NS, Canada, 1999.[Google Scholar], 1999.

³⁷¹ Figlioli A., Rush H., Sapsed J. Mind the Gap: New types of innovation habitats to help startups grow and scale faster: The Digital Catapult Centres in UK //BAM 2017. – 2017. – С. 0-0.

³⁷² Титова Н. Ю. Опыт развития эко-индустриальных парков АТР как ориентир внедрения циркулярной экономики в РФ //Ойкумена. Регионоведческие исследования. – 2020. – №. 3 (54).

³⁷³ Давиденко Л. М., Беспалый С. В., Бекниязова Д. С. Ресурсная парадигма построения промышленной экосистемы цифрового формата //Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2019. – №. 1 (80). – С. 58-68.

³⁷⁴ Shi X., Li X. A symbiosis-based life cycle management approach for sustainable resource flows of industrial ecosystem //Journal of Cleaner Production. – 2019. – Т. 226. – С. 324-335.

³⁷⁵ Wang D. et al. Comparing the vulnerability of different coal industrial symbiosis networks under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 149. – С. 636-652.

Wang D. et al. Assessing industrial ecosystem vulnerability in the coal mining area under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 142. – С. 4019-4031.

рисунок В.4)), химических промышленных парках Китая³⁷⁶, промышленной сети рисовой промышленности Китая³⁷⁷, технопарка Дигиполис³⁷⁸ (Финляндия) как центра циркулярной экономики (Приложение В, рисунок В.11), промышленной зоны Кеiyō³⁷⁹ (Япония), социо-экологической экосистемы лесной промышленности побережья Халиско в Мексике³⁸⁰ и др.

В исследовании³⁸¹ приводится подробный сопоставительный анализ датского опыта с опытом Канады и Франции, а в Руководстве для организаторов промышленного симбиоза³⁸², подготовленного Transition ApS для Калуннборгского симбиоза как часть Балтийского промышленного симбиоза, подробно рассмотрены кейсы Дигиполиса (Приложение В, рисунок В.11), Технологического университета Гданьска, ООО «Тайрмен Групп» и ряд других.

Российский опыт создания промышленных парков характеризуется положительными тенденциями. Динамика развития индустрии представлена на рисунке 4.2.

³⁷⁶ Chen G. et al. A methodology for quantitative vulnerability assessment of coupled multi-hazard in Chemical Industrial Park //Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2019. – Т. 58. – С. 30-41.

³⁷⁷ Song H. et al. Fraud vulnerability quantitative assessment of Wuchang rice industrial chain in China based on AHP-EWM and ANN methods //Food Research International. – 2021. – Т. 140. – С. 109805.

³⁷⁸ DIGIPOLIS – Kemi technology park. <https://www.digipolis.fi/en/home>.

De Coninck B. et al. Public Procurement of Innovation: The Case of Digipolis. – 2017.

De Coninck B., Viaene S., Leysen J. Public procurement of innovation through increased startup participation: the case of Digipolis (Research-in-progress) //Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences. – 2018.

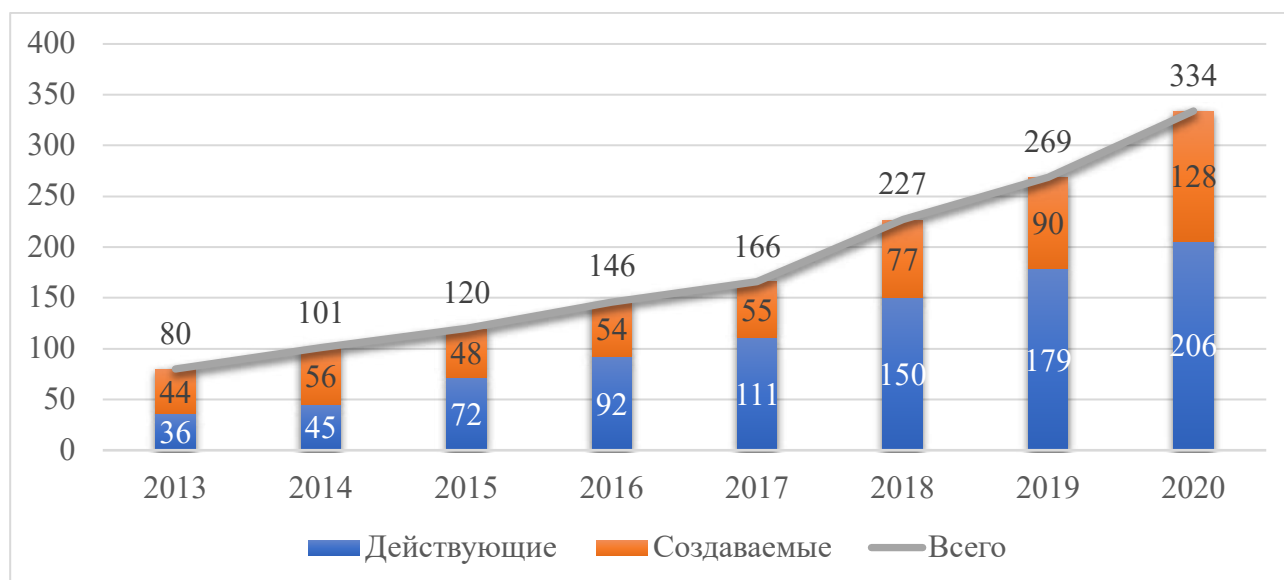
³⁷⁹ Keiyō Industrial Zone. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Keiyō_Industrial_Zone.

Hotta K. Development of a coastal industrial zone in Tokyo Bay: A less successful project //Intercoast Network. – 1998. – №. 31. – С. 18.

³⁸⁰ Monroy-Sais S. et al. Ecological variability and rule-making processes for forest management institutions: a social-ecological case study in the Jalisco coast, Mexico //International Journal of the Commons. – 2016. – Т. 10. – №. 2.

³⁸¹ Zaoual A. R., Lecocq X. Orchestrating circularity within industrial ecosystems: Lessons from iconic cases in three different countries //California Management Review. – 2018. – Т. 60. – №. 3. – С. 133-156.

³⁸² GUIDE FOR INDUSTRIAL SYMBIOSIS FACILITATORS. <http://www.symbiosis.dk/en/inspiration/>.



Источник: составлено по данным³⁸³

Рисунок 4.2 – Положительная динамика роста количества индустриальных парков в России с 2013 по 2020 годы

Следует отметить, что в период пандемии 2020-2022 годов тренд на создание индустриальных парков в России не только не прекратился или замедлился, а, наоборот, показал в 2020 году рекордный прирост. Объективно стоит отметить, что решения по созданию такого значительного количества индустриальных парков принимались заранее, то есть в 2017-2018 годах, однако это не снижает актуальности и востребованности данной формы интеграции и организации инновационной инфраструктуры как наиболее востребованной и демонстрирующей реальную эффективность на практике.

Выявленные положительные тенденции касаются только индустриальных парков, так как в России эко-индустриальные парки пока не получили широкого распространения. В отчетах Ассоциации индустриальных парков России информация о национальных эко-индустриальных парках пока отсутствует.

По состоянию на начало 2022 года можно констатировать, что в нашей стране отмечается единственный опыт по инициативе создания первого в России эко-

³⁸³ Индустриальные парки России – 2021. Отраслевой обзор. Выпуск восьмой. Ассоциация индустриальных парков России. При поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации. 2021. 129 с.

индустриального парка на базе создания экосистемы промышленного симбиоза³⁸⁴ Санкт-Петербурга и Ленинградской области в рамках двух проектов:

- проекта Балтийский Промышленный Симбиоз (Baltic Industrial Symbiosis, BIS)³⁸⁵ Программы трансграничного сотрудничества «Интеррег. Регион Балтийского моря»;
- первого в России межрегионального эко-индустриального парка чистых технологий.

Российская экосистема промышленного симбиоза формируется в рамках рынка EcoNet Национальной технологической инициативы (НТИ). Формирование экосистемы в настоящее время происходит с опорой на международный консорциум на базе Санкт-Петербургского кластера чистых технологий для городской среды. Оператором проектов выступает участник данного кластера – ООО «Тайрмен групп»³⁸⁶.

Этап 2. Выделение лидера в качестве объекта исследования.

Как отмечено в параграфе 2.3, Калуннборг признан первой промышленной экосистемой на основе промышленного симбиоза в мире и считается примером лучшей практики, вызывая широкий интерес многих сторон.

К своим основным стратегическим задачам Калуннборг относит следующие³⁸⁷:

1. *Укрепление партнерства*: развитие и закрепление мышления симбиоза на местном уровне. Калуннборг стремится к созданию открытой и создающей

³⁸⁴ Питиримов Н. Создание экосистемы промышленного симбиоза в России через развитие центров промышленного симбиоза. Презентация проекта. Интенсив Архипелаг-2021. <https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/r785h9fkubk0cs8044k8skw8k4ws4k>.

Создание экосистемы промышленного симбиоза в России через развитие центров промышленного симбиоза. 2020. <https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/538tc6fopjc4wc00k8kwo4wo0os88o>.

На базе ИТМО Хайпарка появится первый в России центр промышленного симбиоза. 2021. https://news.itmo.ru/ru/startups_and_business/partnership/news/10385/.

³⁸⁵ Балтийский промышленный симбиоз как концепция устойчивого развития в регионе Балтийского моря. <https://tyreman.ru/bis>.

Baltic Industrial Symbiosis. <https://symbiosecenter.dk/en/project/bis/>, <https://projects.interreg-baltic.eu/projects/bis-186.html?#budget>.

³⁸⁶ Tyreman Group планирует разработать цифровую платформу промышленного симбиоза. 2020. <https://tyreman.ru/post/z0fbgma0ex-tyreman-group-planiruet-razrabotat-tsifr>.

³⁸⁷ Kalundborg Symbiosis. <http://www.symbiosis.dk/en/>.

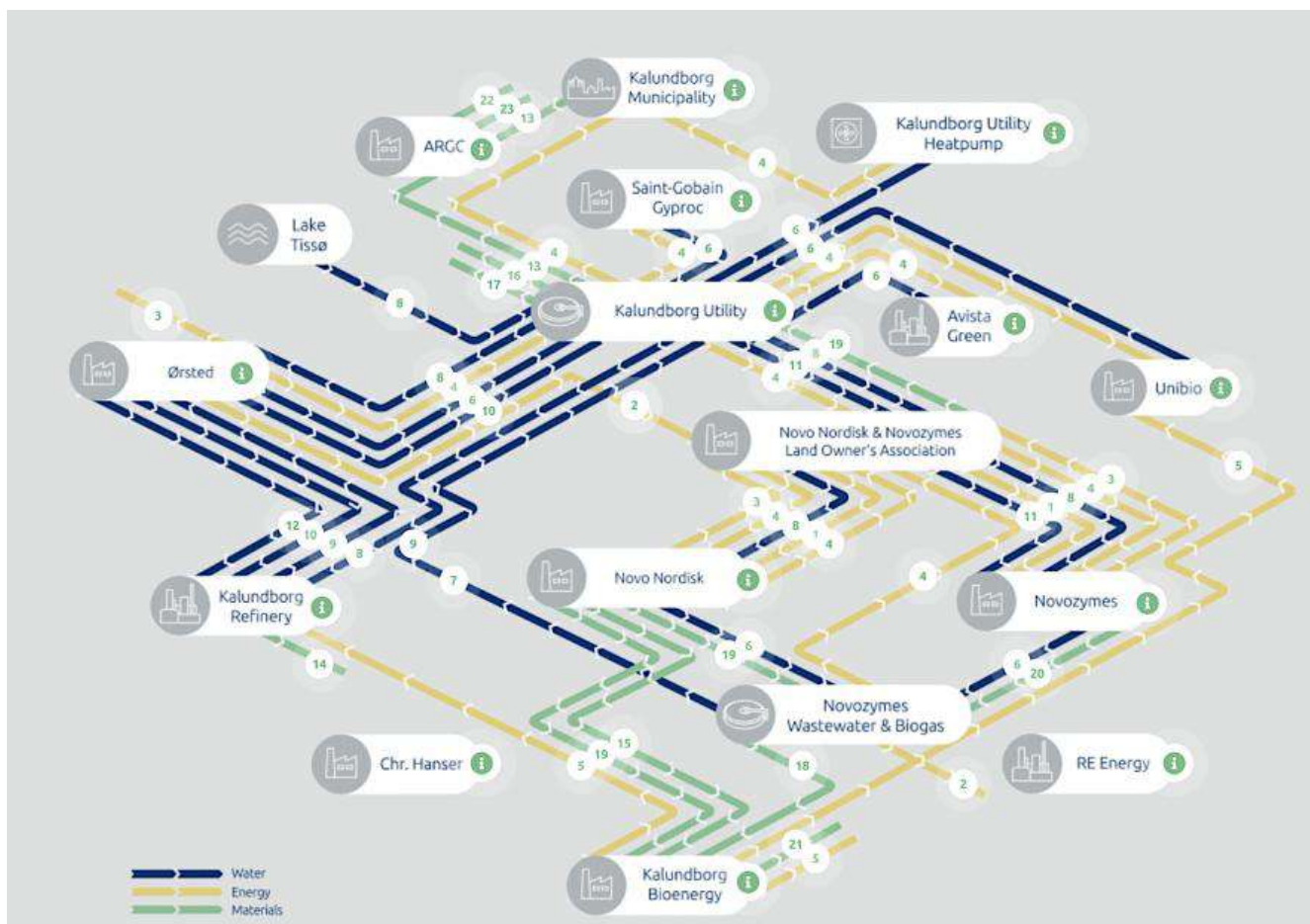
ценности сети в форме активного совета и/или подгрупп. В рамках партнерства планируется:

- постоянно выявлять и привлекать новых членов с целью создания новых потоков;
- взаимодействовать и способствовать контактам с внешними сторонами, например, с университетами и посетителями;
- искать вдохновение посредством презентаций, посещений и ознакомительных поездок;
- активно поддерживать практико-ориентированную среду инженерных знаний.

2. *Полное использование ресурсов:* все водные, энергетические и материальные потоки партнеров являются частью симбиоза. Благодаря систематическому подходу к потокам партнеров выявляется наибольший потенциал и иницируются новые проекты, обеспечивающие постоянную оптимизацию ресурсов. Амбициозная цель Калуннборга – 10 полностью реализованных проектов к 2025 году.

3. *Распространение менталитета симбиоза:* вдохновение других на участие в симбиозе. Kalundborg Symbiosis стремится к распространению знаний о промышленном симбиозе, документировании его социальной, экологической и экономической ценности и содействию новым симбиозным сотрудничествам как на местном, так и на национальном уровне. Общая цель – сохранить Калуннборг как центр знаний о промышленном симбиозе с практико-ориентированным подходом.

Потоки в рамках промышленной экосистемы Калуннборга представлены на рисунке 4.3.



Источник:³⁸⁸

Рисунок 4.3 – Поток в рамках промышленной экосистемы Калуннборга

Рассмотрим представленные на рисунке 4.3 потоки в рамках промышленной экосистемы Калуннборга подробнее³⁸⁹.

1. *Энергетические потоки* (обозначены номерами от 1 до 5 на рисунке 4.3):

– пар. Вдоль дорог в промышленной зоне Калуннборга большие зеленые трубы транспортируют пар с электростанции Asnæs к нескольким партнерам Калуннборгского симбиоза. Являясь самым заметным знаком связи между компаниями, зеленые трубы стали символом промышленного симбиоза. Ранее электростанция Asnæs Power Station имела избыточную мощность пара в результате производства электроэнергии. Со временем пар стал основным продуктом, а электричество – побочным. Наряду с этим производство пара

³⁸⁸ Kalundborg Symbiosis. <http://www.symbiosis.dk/en/>.

³⁸⁹ Анализ проведен по данным Kalundborg Symbiosis. <http://www.symbiosis.dk/en/>.

перешло с угля на биомассу. В компаниях Novozymes и Novo Nordisk пар используется для различных целей, включая очистку, стерилизацию и дистилляцию;

– энергия в сети. На электростанции Asnæs «зеленая» электроэнергия производится с помощью пара, который приводит в действие турбину, которая затем вырабатывает электроэнергию для электросети. Компания Novozymes производит биогаз из технологических сточных вод, которые содержат относительно большое количество органических материалов от производства Novozymes и Novo Nordisk. Биогаз питает большой двигатель, который производит 11 000 МВтч в год. Это соответствует потреблению примерно 2 500 датских домохозяйств. Избыточное тепло от большого газового двигателя также используется внутри предприятия для отопления заводской территории. Таким образом, использование ископаемого топлива для производства электроэнергии и тепла заменяется взвешенными органическими отходами от местного производства;

– теплый конденсат. Для определенных целей пар, получаемый от Ørsted слишком горячий, поэтому конденсат пара собирается в зданиях и направляется в большие резервуары. Конденсат из баков впрыскивается в перегретый пар, что приводит к снижению температуры до 200 градусов, дополненному снижением давления до 14 бар ("насыщенный пар"). Конденсат с избыточным теплом используется путем отбора тепла для централизованного теплоснабжения и горячей технологической воды. Полученный холодный конденсат используется для приготовления смесей щелочи и кислоты, а также для добавления воды в градирни, чтобы "сэкономить" на потреблении поверхностной воды из озера Тиссё;

– централизованное теплоснабжение. На электростанции Аснэс производится централизованное теплоснабжение 24 000 домохозяйств, а производство электроэнергии является побочным продуктом. Централизованное теплоснабжение поставляется компании Kalundborg Utility, которая распределяет его среди граждан и предприятий в местном районе. Тепловой насос Kalundborg Utility обеспечивает жителей города дополнительным теплом в самые холодные

месяцы и когда цены на электроэнергию низкие. Такие компании, как Novo Nordisk и Novozymes используют часть излишков вырабатываемого тепла в собственном производстве. Утилизация избыточного тепла происходит локально на месте и означает, что меньше ресурсов используется для производства тепла;

– биометан. На предприятии Kalundborg Bioenergy остатки от производства инсулина и ферментов, образующиеся в компаниях Novo Nordisk и Novozymes, впоследствии перерабатываются в биометан, эквивалентный по качеству природному газу. Биометан распределяется через газовую сеть на НПЗ Kalundborg и другим конечным потребителям. Kalundborg Bioenergy производит биометан как для местной природной газовой сети (4 бар), так и для национальной газовой сети (19 бар). В процессе переработки удаляется сульфит водорода и двуокись углерода, при этом сера из сульфита водорода в дегазированную остаточную биомассу в качестве обогащения продуктов удобрения биогазовой установки.

2. *Водные потоки* (обозначены номерами от 6 до 12 на рисунке 4.3):

– сточные воды. Коммунальное хозяйство Калуннборга отвечает за окончательную очистку сточных вод предприятий, входящих в симбиоз Калуннборга, но до этого некоторые из партнеров очищали их самостоятельно, чтобы соответствовать законодательным требованиям. Некоторые виды сточных вод проходят по отдельным трубам, что позволяет оптимизировать очистку и минимизировать энергопотребление. Очищенные сточные воды из коммунального хозяйства Калуннборга затем проходят через теплообменник в теплонасосной установке, которая может производить около 80 000 МВтч в год, что покрывает более 30% от годовой закупки централизованного теплоснабжения компанией Kalundborg Utility;

– очищенные сточные воды. Завод по очистке сточных вод и производству биогаза компании Novozymes является местом, где осуществляется первый этап очистки технологических сточных вод от производства в компаниях Novozymes и Ново Нордиск. Отсюда газифицированная вода направляется на окончательную очистку в Kalundborg Utility. Обе очистные системы выигрывают от того, что сточные воды от Novozymes и Novo Nordisk всегда имеют температуру около 35

градусов Цельсия. Это объясняется тем, что бактерии могут работать быстрее и эффективнее при такой температуре и с меньшим потреблением энергии;

– поверхностные воды. 3,5 миллиона кубометров поверхностной воды из озера Тиссё ежегодно используются Калуннборгским симбиозом, сокращая потребление питьевой воды из местных запасов подземных вод. Поверхностная вода поступает по трубопроводу длиной 13 километров от озера Тиссё до Kalundborg Utility, а затем распределяется между компаниями. Поверхностная вода используется для охлаждения на производстве и в качестве технологической воды в промышленности;

– использованная охлажденная вода является остатком от нефтеперерабатывающего завода Калуннборга и по происхождению является поверхностной водой из озера Тиссё, которая использовалась для охлаждения в закрытой системе трубопроводов на НПЗ. Вода отправляется обратно в компанию Ørsted для производства пара на электростанции Asnæs. Используемая охлаждающая вода имеет более высокую температуру, чем поверхностная вода из озера Тиссё, что приводит к более низкому энергопотреблению при преобразовании ее в пар;

– деионат. Когда компания "Эрстед" производит электроэнергию, генераторы приводятся в действие паровыми турбинами, что требует, чтобы пар в этом случае был сделан из деионизированной воды (подпиточная вода). Она также известна как деминерализованная вода, поскольку из нее удалены все минералы и соли, чтобы избежать разрушения внутренних частей паровых турбин, котлов, а также труб отопления. Ørsted также поставляет деионизированную воду для Kalundborg. Нефтеперерабатывающий завод Kalundborg также поставляет деионизированную воду для собственного производства пара, который основан на остаточном тепле нефтеперерабатывающего завода;

– подпиточная вода. На электростанции в Аснесе вода сбрасывается при сжигании древесной щепы. Аснесская электростанция не может использовать приблизительно 65 миллионов литров конденсата дымовых газов самостоятельно, но соседнее предприятие, нефтеперерабатывающий завод Калуннборга, может.

После обработки конденсата с помощью осмоса и ионного обмена, по трубам чистая вода направляется на нефтеперерабатывающий завод. Здесь очищенная вода может быть использована в качестве котловой воды, покрывающей около 1/3 потребностей нефтеперерабатывающего завода в Калуннборге. Без этого соглашения нефтеперерабатывающему заводу пришлось бы использовать и дополнительно обрабатывать поверхностную воду из озера Тиссё для достижения необходимого качества.

3. *Материальные потоки* (обозначены номерами от 13 до 23 на рисунке 4.3):

- отходы. ARGO получает различные фракции отходов от всех граждан и предприятий муниципалитета Калуннборга, включая коммунальные службы Калуннборга. Перерабатываемые отходы сортируются на фракции и впоследствии передаются в перерабатывающую промышленность. Из них значительно уменьшенная фракция отходов используется в качестве энергии для производства электричества и тепла на электростанции Roskilde;

- сера. Kalundborg Refining извлекает серу из нефти и преобразует ее в компонент удобрений – тиосульфат аммония (ATS), который стимулирует рост растений. Сера стала ценным ресурсом, который продается крупным компаниям по производству удобрений в Дании. ATS – это жидкое удобрение, что облегчает фермерам более эффективную дозировку удобрений. ATS заставляет растения лучше усваивать серу и другие питательные вещества, что приводит к меньшему испарению азота;

- дрожжевой осадок. Novo Nordisk производит активные фармацевтические ингредиенты посредством процесса ферментации, при котором дрожжевые клетки растут в основном на сахаре и витаминах. Когда процесс ферментации завершен, и активные фармацевтические ингредиенты отделяются, остается питательная смесь, называемая дрожжевой суспензией. Эта дрожжевая суспензия отправляется на биогазовую установку Kalundborg Bioenergy для газификации. В процессе газификации и после переработки полученного биогаза, дрожжевой шлам превращается в биометан и удобрения;

- песок. Коммунальное предприятие Калуннборга очищает сточные воды от

домашних хозяйств и предприятий и, как следствие, собирает большое количество песка из сточных вод в свою песколовку. Песок состоит из гальки и гравия различных размеров и отлично подходит в качестве наполнителя для земляных работ на месте. Весь песок, используемый для таких работ, промывается, дезинфицируется и проверяется, чтобы убедиться, что он соответствует требованиям для повторного использования;

– слюда. Когда коммунальное предприятие Калуннборга очищает сточные воды, поступающие от домашних хозяйств и предприятий, одним из остатков является биошлам. Часть этого осадка поставляется фермерам в качестве удобрения благодаря содержанию в нем питательных веществ. Прежде чем покинуть очистные коммунального предприятия Калуннборга, осадок проходит санитарную обработку и проверку, чтобы убедиться, что он соответствует требованиям для использования на всех видах сельскохозяйственных угодий и в частных садах;

– NovoGro – это одновременно и отходы производства Novo Nordisk и Novozymes, и источник энергии, содержащий ценные компоненты удобрений. Биогаз (метан) производится путем сбраживания NovoGro на Kalundborg Bioenergy. Затем биогаз перерабатывается в биометан и закачивается в газовую сеть. Оставшийся продукт богат питательными веществами, такими как азот (N), фосфор (P) и калий (K); все они являются важными компонентами удобрений;

– этаноловые отходы. Этанол является частью некоторых частей процесса при производстве инсулина компанией Ново Нордиск. Большая часть этанола может быть регенерирована. Часть этанолсодержащих остатков, которые не могут быть регенерированы, отправляются, среди прочего, на биогазовую установку в Kalundborg Bioenergy. Здесь остатки этанола преобразуются в биогаз и перерабатываются в биометан;

– биомасса. Компания Novozymes производит ферменты в процессе ферментации на основе сельскохозяйственного сырья, такого как сахар, крахмал и белок. Когда процесс ферментации заканчивается и ферменты отделяются, у Novozymes остается богатая питательными веществами биомасса, которую

Kalundborg Bioenergy преобразует в биогаз (улучшенный до биометана) и удобрения;

- газифицированная биомасса от Novozymes и Novo Nordisk вместе с регенерированной серой составляют ингредиенты различных удобрений, которые особенно подходят для сельского хозяйства;

- промышленная переработка. Многие внешние компании являются покупателями отходов из Центра переработки отходов в Калуннборге (ARGO), которые горожане хорошо сортируют на четко определенные фракции. К ним относятся пластик, изоляция ROCKWOOL, стекло, картон, бумага и чистая древесина. Различные материалы сортируются, и большая их часть может быть переработана снова – для нового пластика, новой изоляции ROCKWOOL, нового фламминго, нового стекла, нового картона и бумаги. Чистая древесина может быть, например, превращена в ДСП;

- повторно используемые отходы. Части многоразовых материалов граждан, которые находятся в хорошем и функциональном состоянии, забирают несколько организаций, таких как Красный Крест, Спортивный клуб Ørslev, Комиссионный магазин, Общественный центр Løve и Spildlopperne в Калуннборге. Таким образом, организации продают материалы в качестве прямого повторного использования и жертвуют деньги на благотворительность. Кроме того, местные жители Калуннборга имеют возможность забирать компост в течение года в Центре переработки отходов (ARGO).

Этап 3. Исследование акторного состава промышленной экосистемы.

Рассмотрим акторы промышленной экосистемы Калуннборг (таблица 4.1). Все 13 акторов промышленной экосистемы Калуннборга, рассмотренные в таблице 4.1, сотрудничают с местными предприятиями и властями в различных секторах экономики и промышленности и обеспечивают работой около 4500 человек³⁹⁰.

³⁹⁰ Kalundborg Partners. <http://www.symbiosis.dk/en/>.

Таблица 4.1 – Акторный состав промышленной экосистемы Калуннборг

Актор	Характеристика
1 Муниципалитет Калуннборга ³⁹¹	В муниципалитете Калуннборг насчитывается более 13 000 частных рабочих мест, как очень крупных, имеющих большое значение на мировом рынке, так и менее масштабных. Также имеется почти 6 000 общественных рабочих мест. С населением около 48 000 человек Калуннборг является оживленным торговым и возвышенным центром северо-западного побережья Зеландии. Город также является образовательным центром района, где предлагается высшее образование, а также средние школы и различные образовательные направления. Порт Калуннборг имеет глубину 15 метров и является одним из самых загруженных портов Дании, а также основным портом для экспорта зерновых в Зеландии. В 2021 году был открыт Новый западный порт с 330 000 м² новой портовой площади, и деятельность контейнерного терминала быстро растет. Из Калуннборга ходит паром на остров Самсё. На севере и западе находится не менее 160 км береговой линии. Достопримечательностью города является пятибашенная церковь Богородицы, построенная в XIII веке

³⁹¹ Kalundborg Municipality. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/kalundborg-kommune/>.

Актор			Характеристика
2	Коммунальное хозяйство	Калуннборга ³⁹²	Компания Kalundborg Utility снабжает питьевой водой примерно 6 150 домохозяйств, обеспечивает централизованным отоплением примерно 5 050 домохозяйств в городе Калуннборг, а также очищает сточные воды всего муниципалитета Калуннборга. Кроме того, коммунальное предприятие поставляет поверхностные воды некоторым крупным компаниям Калуннборга. Коммунальное предприятие Калуннборга также имеет одну из крупнейших и наиболее современных очистных станций в Северной Европе, которая использует озон (O₃) для преобразования легко разлагающихся органических соединений. Кроме того, озоновая система используется для удаления остатков фармацевтических препаратов – активных фармацевтических ингредиентов (API). Кроме того, Kalundborg Utility эксплуатирует более 30 километров труб, проложенных между сторонами в Калуннборге

³⁹² Kalundborg Utility. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/kalundborg-forsyning/>.

Актор	Характеристика
3 Компания Gyproc ³⁹³	В Калуннборге компания Gyproc производит гипсовые плиты из натурального и переработанного гипса. Gyproc является частью Симбиоза с начала 1970-х годов. Ранее промышленный гипс с электростанции Asnæs заменял часть природного гипса, но после переоборудования электростанции этот поток симбиоза был прекращен. В настоящее время ведется работа по поиску альтернативных ресурсов в дополнение к переработанному гипсу, который также используется на заводе. Gyproc разрабатывает инновационные, ведущие на рынке и устойчивые решения, ориентируясь на растущие требования к энергоэффективному и экологичному строительству. Многие стены и потолки в Дании и других странах мира покрыты гипсокартоном Gyproc, который также участвует в Партнерстве за циркулярный гипс – национальной инициативе, охватывающей всю цепочку создания стоимости для повышения доступности переработанного гипса
4 Компания ARGO ³⁹⁴	ARGO принимает отходы от всех граждан и предприятий муниципалитета Калуннборга, включая коммунальные предприятия Калуннборга. Перерабатываемые отходы сортируются на фракции и впоследствии передаются на переработку. Основная задача компании – обеспечить переработку отходов в ресурсы. ARGO отдает приоритет повторному использованию перед переработкой, перед восстановлением энергии, перед захоронением на свалке. Остаточная энергия отходов используется для производства электричества и тепла на ТЭЦ Роскильде (ARGO)

³⁹³ Saint-Gobain Gyproc. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/saint-gobain-gyproc/>.

³⁹⁴ ARGO. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/argo/>.

Актор	Характеристика
5 Avista Green ³⁹⁵	Avista Green – единственный в Скандинавии завод по переработке отработанного масла, поступающего в основном из гаражей, промышленных предприятий и мест утилизации. Благодаря экологически чистым процессам отработанное масло перерабатывается в высококачественное базовое масло, которое используется для производства нового, свежего смазочного масла. После окончания срока службы смазочное масло снова становится отработанным маслом, которое перерабатывается и утилизируется в постоянном цикле. Таким образом, деятельность Avista Green способствует развитию циркулярной экономики и оптимальной переработке ресурсов Земли
6 Ørsted ³⁹⁶	Ørsted владеет электростанцией Asnæs в Калуннборге, которая производит пар, электричество и тепло. Пар поставляется компаниям Novo Nordisk и Novozymes. На самой станции пар используется для привода турбин, которые с помощью больших генераторов вырабатывают электроэнергию для электросети. Остаточное тепло от этого производства используется в качестве централизованного отопления для домов и предприятий Калуннборга. Ørsted также тесно сотрудничает с нефтеперерабатывающим заводом Калуннборга по обмену специальной воды из конденсата дымовых газов. Таким образом, сокращается забор и использование питьевой воды, основной или поверхностной воды из озера Тиссё. Ørsted играет ключевую роль в симбиозе Калуннборга. Недавно построенный блок ASV6, работающий на биомассе, является важной частью «зеленого» перехода

³⁹⁵ Avista Green. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/avista-green/>.

³⁹⁶ Ørsted. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/Ørsted/>.

Актор	Характеристика
7 Unibio ³⁹⁷	Unibio является инновационным разработчиком технологии производства белка, которая преобразует метан из любого источника в высококонцентрированное белковое сырье, используемое в качестве ингредиентов для кормов. Кроме того, компания разрабатывает возможность применения своего продукта для производства продуктов питания. Биоиндустриальная инновация Unibio нарушает цепочку создания стоимости белка, отделяя производство белка от сельского хозяйства и рыболовства и предлагая устойчивое решение. Технология, разработанная Unibio, воспроизводит микробиологические процессы, которые происходят в природе каждый день. Unibio удалось перенести это естественное преобразование метана в белок в жизнеспособный биопромышленный процесс с помощью запатентованного компанией ферментатора U-Loop®. Технология ферментации была продемонстрирована в пилотном и демонстрационном масштабе в Калуннборге и работает в промышленных масштабах в Ивангороде, Россия. Разработки в Калуннборге используют биогаз, поставляемый компанией Kalundborg Bioenergy
8 Novo Nordisk ³⁹⁸	Производственные мощности компании «Novo Nordisk» в Калуннборге были основаны в 1969 году. Сегодня производственные мощности занимают площадь 1 200 000 м², на которых работает около 3 200 человек. В Калуннборге компания «Novo Nordisk» производит препараты для лечения ожирения и диабета, а также ряд биофармацевтических продуктов. Более 30 миллионов пациентов по всему миру используют препараты, производство которых начинается в Калуннборге. С начала нового тысячелетия и до сегодняшнего дня компания Novo Nordisk инвестировала в производственные мощности в Калуннборге более 18 миллиардов датских крон. В декабре 2021 года компания Novo Nordisk объявила об инвестициях в размере 17 миллиардов датских крон на строительство четырех новых заводов и расширение одного существующего завода

³⁹⁷ Unibio. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/unibio/>.

³⁹⁸ Novo Nordisk. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/novo-nordisk/>.

Актор	Характеристика
9 Novozymes ³⁹⁹	Novozymes – один из крупнейших в мире производителей биологических решений и поставщик ферментов и микробных технологий. Ферменты позволяют повысить урожайность в сельском хозяйстве, стирать белье при более низких температурах, экономить энергию в производственных процессах и использовать возобновляемые виды топлива. Novozymes играет ключевую роль в Kalundborg Symbiosis как местное партнерство, создающее добавленную стоимость, с круговым подходом. В компании Novozymes в Калуннборге работает около 600 человек, которые производят, в частности, ферменты, повышающие моющую способность стирального порошка и снижающие использование химикатов в промышленных процессах. Ферменты производятся в процессе ферментации на основе сельскохозяйственного сырья, такого как сахар, крахмал и белок. Компания Novozymes получает технологический пар и очищенную поверхностную воду из озера Тиссё, которая используется непосредственно для производства ферментов. Биомасса от производства ферментов преобразуется в энергию и удобрения

³⁹⁹ Novozymes. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/novozymes/>.

Актор	Характеристика
10 Нефтеперерабатывающий завод (НПЗ) Калуннборг ⁴⁰⁰	НПЗ Калуннборг – крупнейший нефтеперерабатывающий завод в Дании. Завод может перерабатывать 107 000 баррелей сырой нефти и конденсата в день и производит бензин, дизельное топливо, пропан/бутан, печное топливо и мазут. Производственная мощность составляет до 5,5 млн тонн нефтепродуктов в год. НПЗ является единственным в Европе, где остаточная сера с установки сероочистки перерабатывается в жидкое и высокоэффективное удобрение. Kalundborg Symbiosis обеспечивает НПЗ Калуннборг легкий доступ к биогазу, охлаждающей и поверхностной воде, а также к различным видам специализированной воды. Kalundborg Symbiosis помогает оптимизировать работу НПЗ, где 340 сотрудников производят одни из самых чистых в мире бензин и дизельное топливо, практически не содержащие серы
11 Chr. Hansen ⁴⁰¹	Компания Chr. Hansen приобрела завод в порту Калуннборг с целью создания производственного комплекса и начала производства олигосахаридов человеческого молока, специальной группы сложных углеводов для использования в детских молочных смесях. Прежде чем начать производство, необходимо провести масштабную реконструкцию и расширение производственных мощностей. Компания Chr. Hansen рассматривает возможность симбиозного сотрудничества в отношении энергии, водоснабжения и фракций отходов или остаточных фракций, которые могут быть использованы на новых производственных объектах – с самого начала объекты проектируются на основе циркулярного мышления, на благо как окружающей среды, так и экономики. Утилизация существующих зданий и частей фабрик компании Chr. Hansen – это устойчивое развитие на практике

⁴⁰⁰ Kalundborg Refinery. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/kalundborg-refinery/>.

⁴⁰¹ Chr. Hansen. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/chr-hansen/>.

Актор	Характеристика
12 RE Energy ⁴⁰²	Компания RE Energy продолжает развивать первый в мире полномасштабный завод по производству биоэтанола второго поколения, который, помимо прочего, будет производить биоэтанол второго поколения – топливо из отходов сельского и лесного хозяйства. Завод был закрыт с 2014 года, но к лету 2022 года будет снова запущен. Для этого RE Energy заключила сделку с канадской компанией Comet Bio о строительстве завода рядом с НПЗ. Здесь остаточный поток гемицеллюлозы с завода будет очищаться и концентрироваться в волокнистый материал. Этот материал будет использоваться для производства пребиотиков – ингредиентов, входящих в состав продуктов питания для обеспечения здоровой микрофлоры кишечника
13 Kalundborg Bioenergy ⁴⁰³	Потенциал производства биогаза и удобрений из остатков биомассы компаний Novozymes (Novogro®) и Novo Nordisk (дрожжевая суспензия) используется и реализуется на биогазовой станции в рамках симбиоза. На биогазовой установке биогаз производится и улучшается до качества природного газа посредством процесса очистки, в ходе которого из продукта удаляются углекислый газ и сероводород. Биометан отправляется местным компаниям (Gyproc, UniBio и Kalundborg Refinery) и конечным потребителям через национальную газовую сеть. Сера из фракции сероводорода собирается и повторно используется в производстве удобрений вместе с газифицированными остатками биомассы. Kalundborg Bioenergy на 100 % принадлежит и управляется компанией Bigadan

Источник: составлено по материалам⁴⁰⁴

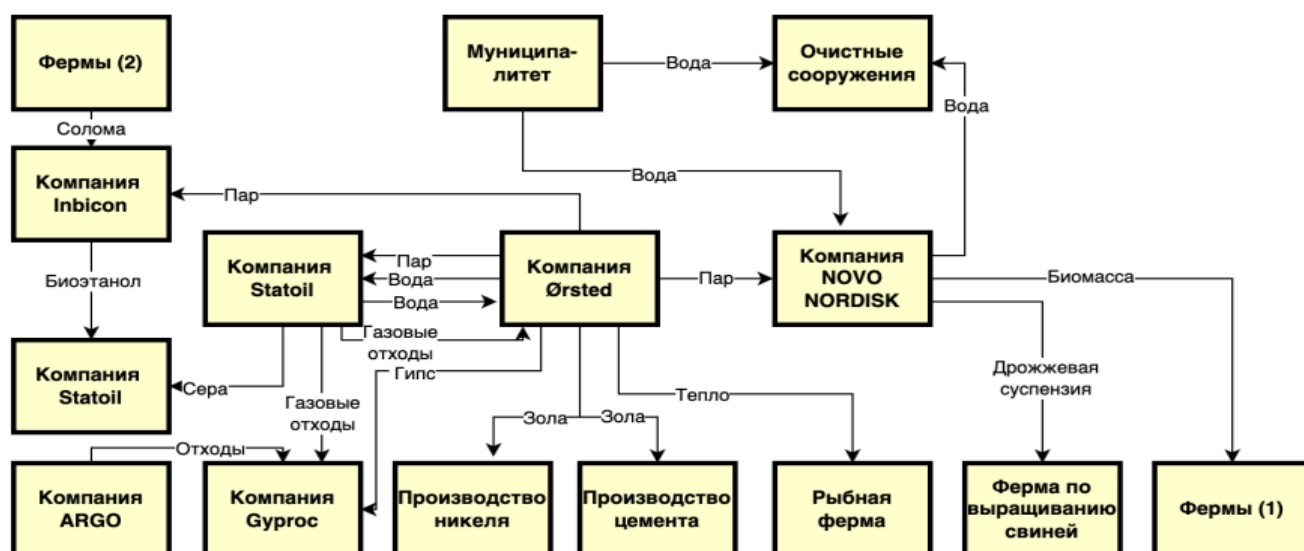
⁴⁰² RE Energy. <http://www.symbiosis.dk/en/re-energy/>.

⁴⁰³ Kalundborg Bioenergy. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/kalundborg-bioenergi/>.

⁴⁰⁴ Kalundborg Symbiosis. <http://www.symbiosis.dk/en/>.

Этап 4. Исследование входных-выходных материальных и энергетических потоков ресурсов и отходов промышленной экосистемы.

Все акторы промышленной экосистемы Калуннборга обмениваются входящими-выходящими потоками ресурсов – воды, энергии, материалов (рисунок 4.4).



Источник: составлено автором по материалам⁴⁰⁵

Рисунок 4.4 – Карта симбиотических обменов в промышленной экосистеме Калуннборга

Этап 5. Исследование кластера проектов управления устойчивым развитием промышленной экосистемы

Управление устойчивым развитием промышленных экосистем обычно осуществляется на основе реализации проектов, программ и инициатив⁴⁰⁶. Так, промышленная экосистема Калуннборга участвует в региональных и союзных проектах по симбиозу, управлению отходами и зеленому переходу, представленным в таблице 4.2.

⁴⁰⁵ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Rethinking resilience in industrial symbiosis: conceptualization and measurements // Ecological Economics. – 2017. – Т. 137. – С. 148-162.

⁴⁰⁶ Kalundborg Symbiosis. Projects. <http://www.symbiosis.dk/en/samarbejde//>.

Таблица 4.2 – Кластер проектов устойчивого развития промышленной экосистемы Калуннборга

Проект	Описание	Характеристики
BIOPRO ⁴⁰⁷	Создание ведущего мирового биотехнологического кластера является основополагающей идеей BIOPRO. BIOPRO вносит свой вклад в исследования и инновации в рамках симбиоза Калуннборга. В регионе уже много лет существуют мировые лидеры биотехнологий, и, объединив усилия, участники намерены создать <i>партнерство</i>, которое использует уже существующие ноу-хау и создает новые знания и рост. Партнерство опирается на <i>три краеугольных камня</i>: промышленность, университеты и благодатную региональную бизнес-среду. Промышленность нацелена на повышение конкурентоспособности и устойчивости. Эта цель может быть достигнута путем значительного увеличения отдачи при одновременном сокращении использования ресурсов. Университеты будут проводить уникальные исследования, предлагая новые решения и сильные кандидатуры, и тем самым вносить вклад в формирование всемирно известного исследовательского сообщества. Инновации, которые превращают исследования и идеи в решения для биотехнологической промышленности, тем самым поддерживая устойчивость и конкурентоспособность. Регион Зеландия обеспечивает бизнес-среду, в которой не только находятся сильные промышленные партнеры BIOPRO, но и ряд нынешних и потенциальных инноваций BIOPRO. Регион Зеландия играет важную роль в создании предпосылок для биотехнологических компаний, желающих организовать свою деятельность в регионе	Продолжительность: январь 2019 – июнь 2021 Общий бюджет: 10863875 евро

⁴⁰⁷ BIOPRO. <http://www.biopro.nu>.

Проект	Описание	Характеристики
Проект ValueWaste ⁴⁰⁸	Проект ValueWaste направлен на демонстрацию интегрированной системы валоризации городских биоотходов путем создания трех перерабатывающих линий. Это приведет к созданию важнейших и высокоценных продуктов, снабжение которых сталкивается со следующими проблемами: – существует потребность в альтернативных и устойчивых источниках белков для людей и животных; – обеспечение продовольствием зависит от наличия питательных веществ в почве для сельского хозяйства, таких как фосфор и азот. Однако источники фосфора истощаются, а производство азотных удобрений требует больших затрат энергии. ValueWaste объединяет 17 партнеров из 6 стран. Все вместе они полностью охватывают всю цепочку создания стоимости при валоризации биоотходов. Реализация проекта зависит от участия двух городов: Мурсия (Южная Испания) и Калуннборг (Восточная Дания)	Продолжительность: январь 2019 – июнь 2021 Общий бюджет: 10863875 евро

⁴⁰⁸ ValueWaste. <https://valuewaste.eu>.

Проект	Описание	Характеристики
Проект Ô ⁴⁰⁹	Симбиоз Калуннборга обладает обширными знаниями и опытом использования кругового потенциала в области очистки воды и сточных вод. В рамках Проекта Ô симбиоз Калуннборга делится накопленным опытом и поможет ускорить переход к более устойчивому использованию воды. Общая цель проекта Ô – предоставить заинтересованным сторонам, всем, кто использует или регулирует использование воды в регионе, инструментарий, который позволит им планировать использование и применять водные ресурсы независимо от их истории и происхождения, получая значительную экономию энергии с точки зрения предотвращения очистки воды и сточных вод и сброса давления (количества забранной воды и выбросов загрязняющих веществ) на источники зеленой воды. Эта общая цель будет продемонстрирована на четырех объектах в разных странах Европы и в Израиле с участием промышленных предприятий, аквакультуры и сельского хозяйства, а также местных органов власти разного масштаба. Проект Ô намерен продемонстрировать подходы и технологии для обеспечения интегрированного и симбиотического использования воды на определенной территории, объединяя потребности различных пользователей и производителей сточных вод, привлекая регулирующие органы, поставщиков услуг, гражданское общество, промышленность и сельское хозяйство. За время проекта 22 европейские страны-участницы и Израиль будут работать над достижением целей Проекта Ô и демонстрировать, как локальные, малые циклы управления водными ресурсами могут быть полезны для снижения давления на систему управления водными ресурсами, позволяя при этом реализовать видение циркулярной экономики ресурса «вода». Демонстрируя технологии и платформы, проект объединяет водные ресурсы и территориальное планирование и способствует социальным инновациям для достижения совместного создания и общественной собственности на предлагаемые инновационные подходы и технологии	Продолжительность: июнь 2018 – май 2022 Проект поддерживается Горизонтом 2020 Общий бюджет: 10692937,68 евро 22 партнера из Австрии, Испании, Франции, Великобритании, Португалии, Германии, Хорватии, Израиля и Италии

⁴⁰⁹ Проект Ô. <https://www.eu-project-o.eu>.

Проект	Описание	Характеристики
Зеленые изменения Зеландии: Глубокие зеленые изменения в Зеландии и на островах ⁴¹⁰	Для того чтобы Дания смогла реализовать свою амбициозную цель – стать климатически нейтральной к 2050 году, как малые, так и крупные компании, а также муниципалитеты и другие государственные структуры должны внести свой вклад в «зеленый» переход путем увеличения повторного использования продукции и переработки отходов, материалов и сточных вод. Цель проекта – сократить потребление энергии и материалов в участвующих МСП и их цепочках создания стоимости, тем самым способствуя глубоким «зеленым» изменениям в регионе Зеландия. Проект поможет МСП и предпринимателям в регионе Зеландия, которые уже разработали инновационные «зеленые» решения с высоким потенциалом масштабируемости и потенциалом повышения эффективности использования ресурсов и энергии в самой компании и в цепочках создания стоимости компании. В рамках проекта будут разработаны новые решения и бизнес-возможности, в частности, в области переработки побочных продуктов и отходов, эффективного использования энергии и зеленой энергетики, которые имеют особенно высокий потенциал зеленого и циркулярного роста в регионе Зеландия	Продолжительность: ноябрь 2021 – декабрь 2022 Лидер проекта: Бизнес Хаб Зеландия Партнеры проекта: Kalundborg Symbiosis, Erhvervshus Sjælland, Connect Køge, Copenhagen Capacity, DTU, Ressource City, Slagelse Erhvervsservice и Sorø Erhverv

⁴¹⁰ Business Hub Zealand. <https://ehsj.dk/content/ydelser/green-change-zealand/490d800a-0143-4cda-a88f-dd907c7c914b/>.

Проект	Описание	Характеристики
Биоизменение Зеландии: Глубокие изменения в Зеландии и на островах. Биопроизводство и продовольствие⁴¹¹	35 МСП получают помощь в использовании экосистемы биопроизводства и пищевой промышленности для интернационализации или сотрудничества в рамках цепочки создания стоимости. За прошедшие годы в экосистему биопроизводства и пищевой промышленности в регионе Зеландия были вложены значительные средства. В результате биопроизводство и пищевая промышленность являются крупными и относительно специализированными отраслями в регионе Зеландия, и как таковые представляют собой развивающиеся сильные стороны. Однако в этой экосистеме есть пробелы: лишь немногие местные МСП экспортируют продукцию, и лишь немногие местные МСП входят в международные цепочки создания стоимости через сотрудничество с крупными компаниями. Если рассматривать биопроизводство и производство продуктов питания вместе, то возникает аспект, который существующая экосистема не поддерживает, а именно: круговые цепочки создания стоимости. Биопроизводство и производство продуктов питания часто используют один и тот же тип производственных мощностей и технологий (например, ферментацию) и имеют схожие гигиенические требования. С другой стороны, эти две отрасли используют различное сырье и производят различные остатки. Такое сочетание однородности и разнообразия открывает потенциал для создания циркулярных цепочек добавленной стоимости. Поэтому целью проекта является развитие и привлечение МСП, которые могут экспортировать, подключаться к международным цепочкам создания стоимости через сотрудничество с крупными компаниями в регионе и/или вступать в круговые цепочки создания стоимости в двух секторах производства. Благодаря проекту, уровень интернационализации и экспорта сегмента МСП в Зеландском регионе будет повышен, что будет способствовать созданию более надежной и гибкой бизнес-среды	Продолжительность: ноябрь 2020 – декабрь 2022 Лидер проекта: Центр знаний Зеландии Партнеры проекта: Kalundborg Symbiosis, Knowledge Hub Zealand, Erhvervshus Sjælland, Connect Køge, Copenhagen Capacity, DTU, RUC, Absalon и Zealand Business Academy

⁴¹¹ Bio Change Zealand. <https://ehsj.dk/content/ydelser/bio-change-zealand/85608d0a-79f3-4d1e-90a0-f0d3221755d5/>.

Проект	Описание	Характеристики
Nordic Circular Hubs ⁴¹²	В рамках проекта создается Северная сеть, целью которой является поддержка практического развития практики промышленно-городского симбиоза (ПГС) в Северных регионах путем расширения коммуникации и сотрудничества между ключевыми заинтересованными сторонами. Основываясь на существующем опыте, партнеры проекта из Дании, Швеции, Норвегии и Исландии совместно работают над созданием тиражируемой «модели северного симбиоза» для ускоренного развития регионального циркулярного бизнеса. Кроме того, проект направлен на открытие и развитие динамичного интернет-сообщества городов и регионов-единомышленников для расширения обмена знаниями, повышения наглядности и популяризации	Продолжительность: ноябрь 2020 – ноябрь 2022 Партнеры проекта: Центр знаний Зеландии, Калуннборгский симбиоз (Дания), кластер Эйде (Норвегия), Бумажная провинция (Швеция), Университет Линчепинга (Швеция) и Исландский океанический кластер (Исландия). Ассоциированный партнер: Дигиполис (Финляндия)

⁴¹² Nordic Circular Hubs. <http://nordicsymbiosis.com>, <https://nordiccirculararena.com/topics/25391>, <https://www.nordicinnovation.org/programs/nordic-circular-hubs>.

Проект	Описание	Характеристики
Концепция промышленного симбиоза как инструмент для достижения CO2-нейтральности (CIST2N) ⁴¹³	Целью проекта является снижение выбросов углекислого газа, переход к более устойчивому производству, сотрудничество между правительствами по вопросам энергетики, а также обмен знаниями о передовом опыте в рамках датского промышленного симбиоза и решений в области зеленой энергетики. Крупномасштабные цели: – Увеличение устойчивого производства – Стимулирование датского экспорта «передовых» энергетических решений – Сотрудничество между правительствами по вопросам энергетики Цели: – Опыт создания промышленного симбиоза – Технические решения – Передача знаний – Отношения сотрудничества – Инновационный центр чистой промышленности в Портленде Мероприятия: – Учебные поездки – демонстрация симбиоза – Предварительное технико-экономическое обоснование в Портленде – Равный-равному	Продолжительность: январь 2022 – декабрь 2022 Ведущий партнер: Калуннборгский симбиоз (Дания) Партнеры проекта: Калуннборгский симбиоз (Дания), Центр устойчивой инфраструктуры (США), Генеральное консульство Дании в Кремниевой долине (Дания/США) Ассоциированный партнер: город Портленд (США), Портлендский деловой альянс (США), Danish Industry Energy (Дания), Novo Nordisk (США) Общий бюджет: 1229521,00 датских крон

Источник: составлено по материалам⁴¹⁴

⁴¹³ Kalundborg Symbiosis. Projects. <http://www.symbiosis.dk/en/samarbejde/>.

⁴¹⁴ Kalundborg Symbiosis. Cooperation. <http://www.symbiosis.dk/en/samarbejde/>.

Этап 6. Бенчмаркинг практического опыта управления устойчивым развитием промышленных экосистем.

В таблицах 4.3-4.5 представлена сравнительная характеристика промышленной экосистемы Калуннборга и дополнительных кейсов по организации и устойчивому развитию промышленных экосистем, в том числе российского опыта создания экосистемы промышленного симбиоза Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Приложение В, рисунок В.12).

Этап 7. Оценка устойчивости и уязвимости промышленной экосистемы.

Седьмой этап практико-ориентированного методического подхода к исследованию опыта управления устойчивым развитием промышленных экосистем – оценка устойчивости и уязвимости промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций – реализуется на основе соответствующей методики, разработанной в следующем параграфе диссертационного исследования.

Этап 8. Выводы по результатам исследования.

Так как проанализированные в таблицах 4.3-4.5 промышленные экосистемы функционируют и развиваются уже достаточно длительное время, можно выделить *общие тенденции*, характерные для всех рассмотренных промышленных экосистем:

- 1) объем рециклинга ресурсов увеличивается в процессе существования промышленных экосистем;
- 2) растет разнообразие акторов, ресурсов и потоков;
- 3) несмотря на принципиальное наличие локального расположения акторов в промышленной экосистеме (что отражено одним из методологических принципов), локальность со временем существования и развития промышленной экосистемы сокращается;
- 4) количество взаимозависимых отношений увеличивается, однако эта тенденция находится в зависимости от границ промышленной экосистемы (локальных, региональных или глобальных).

Таблица 4.3 – Опыт Дании по управлению устойчивым развитием промышленных экосистем

Показатель		Промышленные экосистемы
Промышленная экосистема	Калуннборг (Kalundborg)	Ressource City
Оркестратор	Центр симбиоза Kalundborg	Консультативный совет
Год основания	1996	2015
Форма собственности	Ассоциация, некоммерческая организация	Публичная
Сайт	http://www.symbiosis.dk/en/	https://ressourcecity.dk/en/
География сотрудничества	Город Калуннборг, Дания	Муниципалитет Нествед и регион Зеландия
Акторы	13 партнеров	68 акторов сети
Заявленные видение и миссия	Видение Kalundborg Symbiosis, вступающего в новую эру большей независимости от общества, заключается в том, чтобы стать ведущим в мире промышленным симбиозом с циркулярным подходом к производству. Миссия заключается в обеспечении устойчивого развития компаний-участников через совместные проекты с амбицией полностью реализовать десять проектов циркулярной экономики к 2025 году	Ressource City получает знания и преобразует их в ценность для «зеленых» предприятий, тем самым создавая устойчивый рост бизнеса, устойчивое производство и торговлю. Помогает предприятиям повысить свою экономическую ценность в рамках ресурсосберегающей циркулярной экономики. Поддерживает переход корпоративного сектора к циркулярной экономике, делясь знаниями и опытом, а также постоянно расширяя сеть

Источник: составлено автором

Таблица 4.4 – Сравнительный анализ опыта Норвегии, Швеции и Финляндии по управлению устойчивым развитием промышленных экосистем

Показатель	Норвегия	Швеция	Финляндия
Промышленная экосистема	Промышленный кластер Thams	Paper Province	Дигиполис (Digipolis)
Оркестратор (мэтчмейкер)	Совет членов	Совет членов	Компания Kemin Digipolis Oy
Год основания	2018	2003	2012
Форма собственности	Частная ассоциация	Частное членство, некоммерческая организация	Публично-частная
Сайт	https://www.thamsklyngen.no	https://paperprovince.com/en/	https://www.digipolis.fi/en/home
География	Оркангер, Норвегия	Город Вармланд, Швеция	Лапландия
Актеры	Более 30 членов	114 членов	50 компаний и организаций, в которых занято около 500 человек
Заявленное видение и миссия	Драйвер и банк компетенций для циркулярной экономики и зеленого сдвига. Кластер создает решения для промышленного сообщества будущего. Вместе мы проведем промышленность через «зеленый» переход!	Мы несем лес в будущее. Используя лес, мы можем создать общество без ископаемых. И компания Paper Province готова сделать этот переход возможным	Наша цель – облегчить повседневную деятельность компаний с помощью хороших, функциональных решений, а также укрепить их будущий успех с помощью различных услуг и сетей развития

Источник: составлено автором

Таблица 4.5 – Российский опыт управления устойчивым развитием промышленных экосистем

Показатель	Промышленные экосистемы / экосистемные проекты	
Промышленная экосистема	Экосистема промышленного симбиоза Санкт-Петербурга и Ленинградской области	
Экосистемный проект	Проект Baltic Industrial Symbiosis (BIS) / Балтийский Промышленный Симбиоз Программы трансграничного сотрудничества «Интеррег. Регион Балтийского моря»	Первый в России межрегиональный эко-индустриальный парк чистых технологий
Инициаторы	Санкт-Петербургский кластер чистых технологий для городской среды Агентство стратегических инициатив (АСИ)	
Оркестратор (мэтчмейкер)	Санкт-Петербургский кластер чистых технологий для городской среды НП «Городское объединение домовладельцев» ООО «Tyreman Group» (Тайрмен Групп) Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Специализированная фирма «Минерал»	ООО «ТАЙРМЕН ГРУПП» (МСП) – лидер кластерного проекта
Год основания	2019	
Сайт	https://spbcleantechcluster.nethouse.ru/ https://tyreman.ru/bis#rec141638546	https://tyreman.ru/bis#rec141638546
Географический масштаб сотрудничества	Регион Балтийского моря	Межрегиональный

Показатель	Промышленные экосистемы / экосистемные проекты	
Акторы	15 российских партнеров, 10 зарубежных партнеров. Члены и партнеры международного консорциума «Санкт-Петербургский кластер» чистых технологий для городской среды, объединяющего более 60 членов из 6 регионов России и 5 стран мира	8 резидентов
Заявленные видение и миссия	Дайте отходам вторую жизнь – превратите их в ресурс для другого производства. Найдите доступные ресурсы для вашего производства среди отходов других компаний	Центр промышленного симбиоза, демонстрационная зона эко- и энергоэффективности

Источник: составлено по материалам⁴¹⁵

⁴¹⁵ Центр промышленного симбиоза в России. Паспорт проекта. <https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/tcllh6xbyasw8ocsgsso84ogcwowsc>.

Эко-индустриальный парк – центр промышленного симбиоза, демонстрационная зона эко и энергоэффективности. <https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/q5r12z0gg740g0s8w0wg44cgo8kc4s>.

Международный консорциум «Санкт-Петербургский Кластер Чистых технологий для городской среды». https://lenoblinvest.ru/wp-content/uploads/2021/09/Cluster_clean_technologies.pdf.

4.2 Методика оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций

К настоящему моменту разработано бесконечно большое количество методик оценки устойчивости различных экономических систем, в том числе промышленных систем и экосистем, предприятий⁴¹⁶. Однако, существующие исследования оценки устойчивости промышленных экосистем характеризуются рядом ограничений.

Первая проблема связана с компоновкой показателей оценки устойчивости. Существующие исследования, как правило, предлагают оценивать устойчивость по различным компонентам⁴¹⁷, например: Е.А. Ильина⁴¹⁸ выделяет производственно-техническую, финансово-экономическую, маркетинговую, кадровую, организационную, цифровую компоненты оценки класса устойчивого развития промышленных предприятий; А.В. Красникова⁴¹⁹ выделяет производственную, экономическую, социальную и экологическую устойчивость. Таким образом, полученные композитные, интегральные показатели описывают промышленные экосистемы с разных исследовательских проекций. Они не дают общего представления об устойчивости промышленной экосистемы, отражая множество

⁴¹⁶ Шедько Ю. Н. Анализ методик оценки устойчивости развития территориальных социо-эколого-экономических систем //Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №. 1-1. – С. 693-693.

Собченко Н. В. Комплексная методика оценки экономической устойчивости предприятий на основе инновационной активности //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – №. 67. – С. 163-172.

Хомяченкова Н. А. Механизм интегральной оценки устойчивости развития промышленных предприятий. – 2011.

⁴¹⁷ Мезенцева О. Е. Методика оценки устойчивого развития компании по компоненте экономической устойчивости //Экономика и предпринимательство. – 2015. – №. 12-3. – С. 586-589.

⁴¹⁸ Ильина Е.А. Разработка методики оценки промышленного предприятия при формировании стратегии устойчивого развития // Ломоносов – 2021: материалы Международного молодежного научного форума, Москва, 12–23 апреля 2021 года. – Москва: ООО «МАКС Пресс», 2021.

Ильина Е.А. и др. Разработка методики оценки стратегии устойчивого развития промышленного предприятия для активизации инновационной деятельности // Экономика и предпринимательство. – 2020. – №. 8 (121). – С. 744 – 750.

⁴¹⁹ Соломка А. В. Методика интегральной оценки устойчивого развития предприятия //Экономинфо. – 2005. – №. 4. – С. 3-7.

различных оценочных проекций об устойчивости в одном индексном показателе. Это может привести к тому, что разные промышленные экосистемы будут иметь разные результаты оценки, используя разную методологическую основу. В свою очередь, это может неблагоприятно сказаться на качестве самооценки устойчивости отдельных акторов промышленной экосистемы. Следовательно, создание общего индекса устойчивости промышленной экосистемы является привлекательным, желательным и необходимым. Более того, объединение показателей устойчивости промышленных экосистем в индекс – это методологически интенсивный процесс. Он включает в себя присвоение весов показателям и агрегирование этих показателей. В этом отношении стоит изучить и опробовать новые методы для оценки устойчивости промышленных экосистем⁴²⁰.

К таким методам можно отнести методологию RS-TOPSIS-RSR⁴²¹:

- RS (Rough Set) – метод нечетких множеств⁴²²;
- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) – метод упорядочивания предпочтений по сходству с идеальным решением (ММУП)⁴²³;

⁴²⁰ Wang D. et al. Assessing industrial ecosystem vulnerability in the coal mining area under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 142. – С. 4019-4031.

⁴²¹ Wang D. et al. Assessing industrial ecosystem vulnerability in the coal mining area under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 142. – С. 4019-4031.

Wang D., Wan K., Song X. Coal miners' livelihood vulnerability to economic shock: Multi-criteria assessment and policy implications //Energy Policy. – 2018. – Т. 114. – С. 301-314.

Zhifei L., Qianru C., Hualin X. Comprehensive evaluation of farm household livelihood assets in a western mountainous area of China: A case study in Zunyi City //Journal of Resources and Ecology. – 2018. – Т. 9. – №. 2. – С. 154-163.

Xie S. et al. Evaluating and visualizing QoS of service providers in knowledge-intensive crowdsourcing: a combined MCDM approach //International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics. – 2021.

⁴²² Мартынюк-Черниенко Ю. А., Слынько В. И. Об устойчивости условно инвариантных множеств неточных систем //Доклады Академии наук. – Федеральное государственное бюджетное учреждение "Российская академия наук", 2002. – Т. 382. – №. 4. – С. 448-451.

⁴²³ Кащенко А. Г., Семенов Р. В. Методика решения нечетких многокритериальных задач выбора вариантов информационно-телекоммуникационных систем //Экономика. Информатика. – 2012. – Т. 24. – №. 19-1 (138). – С. 161-164.

Багдасарян А. и др. Системы радиочастотной идентификации. Методология формирования и выбора вариантов //Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2014. – №. 1. – С. 184-188.

Нечаев Ю. Б., Кащенко Г. А. Методика формирования и многокритериального выбора вариантов инфотелекоммуникационных систем в условиях неопределенности исходных данных //Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2012. – №. 2. – С. 53-58.

– RSR (Rank-sum Ratio) – метод ранг-суммирования.

Оценка устойчивости должна иметь прогностическую функцию, которая определяет устойчивость по отношению к эколого-, социально-, экономически-приемлемому уровню результатов (ESG-результатов).

На взгляд автора, можно сформулировать пять ключевых вопросов, на которые должна отвечать оценка устойчивости⁴²⁴:

- Какова степень устойчивости промышленной экосистемы?
- Какие акторы промышленной экосистемы отличаются минимальной и максимальной устойчивостью?
- Каковы источники устойчивости?

Для ответа на эти вопросы требуются многочисленные методы сбора данных и дополнительные данные, включая выявление и систематизацию ближайших причин устойчивости промышленных экосистем.

Как было показано выше на рисунке 3.6, устойчивость есть триада компонентов стабильности (неуязвимости), жизнестойкости (надежности) и экосистемности (когерентности).

Достижение устойчивости промышленных экосистем⁴²⁵ может быть описано в виде (4.1)⁴²⁶:

$$S = f(St = IV = \frac{1}{V}, R = Rl, E = C), \quad (4.1)$$

где S – устойчивость промышленной экосистемы;

⁴²⁴ Moret W. Vulnerability assessment methodologies: A review of the literature // Washington, DC: FHI. – 2014. – Т. 360.

⁴²⁵ Толстых Т.О., Дударева О.В. Критерии и методы оценки эффективности деятельности предприятия // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 11-3. С. 98-102.

Дударева О.В. Система мотивации работников, направленная на устойчивый рост эффективности промышленного предприятия // Экономинфо. 2006. № 5. С. 79-83.

⁴²⁶ Dudareva O., Kostyukhin Y., Savon D., Sidorova E., Vikhrova N. The Evaluation Algorithm of Commercial Activity of Industrial Enterprise. Proceedings of the 37th International Business Information Management Association Conference, IBIMA. Spain, 2021. С. 8913-8921.

Дударева О.В., Дахина В.О. Эффективность инвестиций в системе экономической безопасности предприятия // Экономинфо. 2018. Т. 15. № 2. С. 25-29.

St – стабильность, выраженная через показатель неуязвимости (IV), обратный показателю уязвимости (V);

R – жизнестойкость промышленной экосистемы, выраженная через показатель надежности (R1);

E – экосистемность, выраженная через когерентность (C) промышленной экосистемы.

Методика оценки устойчивости промышленных экосистем в условиях технологических и экономических флуктуаций представлена на рисунке 4.5.



Источник: составлено на основе методологии RS-TOPSIS-RSR

Рисунок 4.5 – Методика оценки устойчивости промышленных экосистем в условиях технологических и экономических флуктуаций

На *первом этапе* методики оценки устойчивости промышленных экосистем в условиях технологических и экономических флуктуаций необходимо сформировать систему показателей. Начальная система показателей включает 29

показателей оценки устойчивости промышленной экосистемы. Все показатели начальной системы оценки соответствуют представленным в работе Д. Ванга и соавторов⁴²⁷ показателям оценки уязвимости промышленных экосистем (Приложение Г).

Далее происходит формирование датасета (логически осмысленного набора исходных данных) по всем 29 показателям для нескольких объектов оценки.

Источниками исходных данных для формирования исходного датасета являются Росстат⁴²⁸, Высшая школа экономики⁴²⁹, Ассоциация индустриальных парков России⁴³⁰, Министерство промышленности и торговли РФ⁴³¹, Евразийская экономическая комиссия (ЕАЭС)⁴³², Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации⁴³³, ЮНКТАД⁴³⁴, ЮНИДО⁴³⁵, в том числе Платформа промышленной аналитики ЮНИДО⁴³⁶, Департамент по экономическим и социальным вопросам ООН⁴³⁷, Глобальный индекс устойчивого развития⁴³⁸ и др.

На *втором и третьем этапах* методики оценки устойчивости промышленных экосистем в условиях технологических и экономических флуктуаций происходит сокращение атрибутов и взвешивание показателей оценки устойчивости на основе метода нечетких множеств. Так как 29 переменных,

⁴²⁷ Wang D. et al. Assessing industrial ecosystem vulnerability in the coal mining area under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 142. – С. 4019-4031. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616316584>.

⁴²⁸ Цели устойчивого развития. Росстат. <https://rosstat.gov.ru/sdg/data>.

⁴²⁹ Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Выпуск 7 / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, С. В. Бредихин и др.; под ред. Л. М. Гохберга; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: НИУ ВШЭ, 2021. — 274 с.

⁴³⁰ Индустриальные парки и ОЭЗ России. <https://indparks.ru>.

⁴³¹ Минпромторг РФ. <https://minpromtorg.gov.ru>.

⁴³² Статистика ЕАЭС. http://www.eurasiancommission.org/ru/act/integr_i_makroec/dep_stat/union_stat/Pages/default.aspx.

⁴³³ Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. Публикации. <https://ac.gov.ru/publications/topics>.

⁴³⁴ UNCTAD. Publications. <https://unctad.org/publications>.

Handbook of Statistics 2021. The impacts of the COVID-19 pandemic. <https://unctad.org/webflyer/handbook-statistics-2021>.

⁴³⁵ UNIDO. Publications. <https://www.unido.org/researchers/publications>.

⁴³⁶ The UNIDO Industrial Analytics Platform. <https://iap.unido.org>.

⁴³⁷ Department of Economic and Social Affairs. Sustainable Development. <https://sdgs.un.org>.

SDG Global Database. <https://unstats.un.org/sdgs/unsdg>.

⁴³⁸ Global SDG Index. <https://dashboards.sdgindex.org/downloads>.

выбранных для оценки устойчивости промышленных экосистем, являются в основном непрерывными атрибутами, а нечеткое множество может работать только с дискретными данными, алгоритм кластеризации должен применяться для дискретизации непрерывных данных. Для этого применяется метод кластеризации с нечетким k-средним. Согласно теории нечетких множеств, веса показателей могут быть получены путем вычисления важности атрибута, которая определяется количеством информации, содержащейся в нем.

В алгоритме кластеризации k-средних необходимо заранее знать количество кластеров. В данном случае нас интересует кластеризация по трем компонентам устойчивости – стабильности (неуязвимости), жизнестойкости (надежности) и экосистемности (когерентности). Таким образом, количество кластеров равно 3.

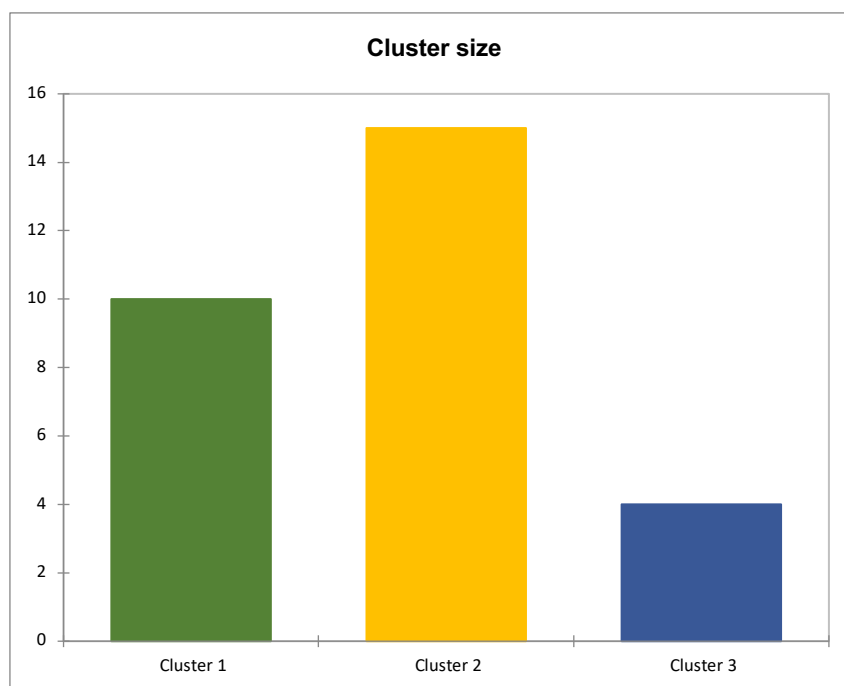
Кластеризация проводилась с использованием XLSTAT – надстройкой для анализа данных Excel⁴³⁹. В результате нечеткой кластеризации методом k-средних получены следующие данные (таблица 4.6, рисунок 4.6).

Таблица 4.6 – Результаты нечеткой кластеризации переменных методом k-средних

Кластер	Размер	Внутри- классовость	Минимальное расстояние до центроида	Максимальное расстояние до центроида	Среднее расстояние до центроида
Кластер 1	10	4,905	0,377	0,958	0,739
Кластер 2	15	3,590	0,142	0,919	0,629
Кластер 3	4	6,331	0,359	0,939	0,757

Источник: рассчитано автором

⁴³⁹ FUZZY K-MEANS CLUSTERING IN EXCEL. https://help.xlstat.com/s/article/fuzzy-k-means-clustering-in-excel?language=en_US.



Источник: составлено автором с помощью XLSTAT

Рисунок 4.6 – Результаты нечеткой кластеризации переменных методом k-средних

В окончательную систему показателей оценки по трем компонентам устойчивости вошли 13 показателей, из них 5 показателей оценивают компонент стабильности (неуязвимости) промышленной экосистемы, 7 – компонент жизнестойкости (надежности) промышленной экосистемы, один показатель оценивает компонент экосистемности (когерентности) промышленной экосистемы.

Окончательные показатели оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Система показателей оценки устойчивости промышленных экосистем по четырем проекциям

Компоненты	Показатели оценки	Единица измерения	Методика расчета	Характеристика	Влияние на интегральный показатель
1 Стабильность (неуязвимость)	X1.1 Коэффициент эластичности отрасли	Коэффициент	Темп роста промышленного производства в промышленной экосистеме, % / Темп роста ВВП в стране, %	Взаимосвязь между развитием промышленной экосистемы и экономическим ростом	Положительное
	X1.2 Объем промышленного производства на душу населения в регионе	Млн руб.	Объем промышленного производства акторов промышленной экосистемы, млрд руб. / Численность населения в регионе присутствия, тысяч человек	Экономическая основа развития промышленной экосистемы	Положительное
	X1.3 Стандартное отклонение темпов роста местных цен на сырье	%	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n - 1}}$, где S – стандартное отклонение; n – количество периодов наблюдения; x_i – темп роста цены на сырье в регионе присутствия в момент времени i, %; x_{cp} – среднее арифметическое темпов роста цен в регионе присутствия, %	Риск колебаний цен на сырье	Отрицательное

Компоненты	Показатели оценки	Единица измерения	Методика расчета	Характеристика	Влияние на интегральный показатель
	X1.4 Стандартное отклонение темпов роста валового регионального производства (ВРП)	%	$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n - 1}}$, где x_i – темп роста ВРП в регионе присутствия в момент времени i , %; x_{cp} – среднее арифметическое темпов роста ВРП, %	Риск региональных экономических колебаний	Отрицательное
	X1.5 Доля инвестиций в экологическое управление в ВРП	%	Инвестиции в экологическое управление в промышленной экосистеме, млн руб. * 100% / ВРП региона присутствия, млн руб.	Способность экономики поддерживать восстановление окружающей среды	Положительное
2 Жизнестойкость (надежность)	X2.1 Доля убыточных акторов	%	Количество убыточных акторов в промышленной экосистеме * 100 % / Общее количество акторов	Текущее состояние промышленной экосистемы	Отрицательное

Компоненты	Показатели оценки	Единица измерения	Методика расчета	Характеристика	Влияние на интегральный показатель
	X2.2 Доля ресурсоориентированной промышленной продукции в общем объеме промышленного производства (%)	%	Объем производства ресурсоориентированной промышленной продукции в промышленной экосистеме, млн руб. * $100\% / \text{Общий объем промышленного производства в промышленной экосистеме, млн руб.}$	Зависимость промышленной экосистемы от ресурсов	Отрицательное
	X2.3 Внешнеторговая зависимость	%	Общий объем импорта и экспорта в промышленной экосистеме, млн р. * $100\% / \text{ВРП региона присутствия, млн руб.}$	Зависимость промышленной экосистемы от внешнего рынка	Отрицательное
	X2.4 Доля доминирующей промышленной продукции в общем объеме производства	%	Объем производства доминирующей промышленной продукции в промышленной экосистеме, млн руб. * $100\% / \text{Общий объем промышленного производства в промышленной экосистеме, млн руб.}$	Разнообразие промышленной экосистемы	Положительное

Компоненты	Показатели оценки	Единица измерения	Методика расчета	Характеристика	Влияние на интегральный показатель
	X2.5 Доля несырьевой промышленной продукции в общем объеме промышленной продукции	%	Объем производства несырьевой промышленной продукции в промышленной экосистеме, млн руб. * 100% / Общий объем промышленного производства, млн руб.	Разнообразие промышленной экосистемы	Положительное
	X2.6 Коэффициент производства запасов	Коэффициент	(Производственные запасы в промышленной экосистеме, млн р. + Затраты в незавершенном производстве, млн руб.) / Готовая продукция, млн руб.	Уровень использования ресурсов	Положительное
	X2.7 Доля инвестиций в основной капитал	%	Инвестиции в основной капитал в промышленной экосистеме, млн руб. * 100% / Общая сумма инвестиций в промышленной экосистеме, млн руб.	Инвестиционная способность промышленной экосистемы к внешним изменениям	Положительное

Компоненты	Показатели оценки	Единица измерения	Методика расчета	Характеристика	Влияние на интегральный показатель
3 Экосистемность (когерентность)	Х3.1 Степень корреляции между акторами	Коэффициент	$L / S(S-1)$, где L – количество связей между акторами в промышленной экосистеме, S – количество акторов	Сотрудничество между акторами в рамках промышленной экосистемы	Положительное

Источник: составлено автором

На *четвертом этапе* оценки устойчивости промышленных экосистем происходит нормализация показателей. Нормализация проводилась по критерию минимакса. Для некоторых показателей более высокие значения указывают на более высокий уровень устойчивости промышленной экосистемы, и эти показатели считаются положительными (X1.1, X1.2, X1.5, X2.4, X2.5, X2.6, X2.7, X3.1). Тем не менее для некоторых других показателей более высокие значения указывают на более низкий уровень устойчивости в промышленной экосистеме, и эти показатели рассматриваются как отрицательные (X1.3, X1.4, X2.1, X2.2, X2.3). В случае отрицательных показателей при нормализации должны использоваться их обратные значения.

На *пятом этапе* осуществляется расчет интегрального индекса устойчивости для каждого объекта оценки (для каждой промышленной экосистемы) на основе метода упорядочивания предпочтений по сходству с идеальным решением (ММУП):

- Определяется объект оценки с наибольшей устойчивостью (идеальное решение) и объект оценки с наименьшей устойчивостью (отрицательное решение).
- Вычисляется евклидово расстояние между объектом оценки с наибольшей (наименьшей) устойчивостью и другими объектами оценки.
- Вычисляется относительная близость каждого объекта оценки к объекту оценки с наибольшей устойчивостью.

На *шестом этапе* происходит ранжирование объектов оценки на основе интегрального показателя устойчивости.

Седьмой этап подразумевает переход к ранг-суммированию. Определяется коэффициент ранг-суммы для каждой оценки.

На *восьмом этапе* методики оценки устойчивости промышленных экосистем в условиях технологических и экономических флуктуаций рассчитывается уравнение регрессии.

На *девятом этапе* проводится группировка объектов оценки (промышленных экосистем). Количество группировок выбирается в зависимости от количества оцениваемых экосистем. В конце необходимо провести

дисперсионный анализ, чтобы убедиться, что группировка статистически значима.

Последней ключевой особенностью оценки устойчивости является включение восприятия устойчивости сообществом в план оценки и определения устойчивости. Методы, основанные на участии, такие как партисипативная экспресс-оценка, можно отнести к передовой практике. При выборе методов необходимо учитывать несколько факторов, включая время и ресурсы, доступные для проведения исследования. Рекомендуется выбирать инструменты и показатели, оценивая их относительные уровни осуществимости, надежности и полезности в соответствии с заданным масштабом промышленной экосистемы⁴⁴⁰.

4.3 Апробация методики оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций

В качестве объектов оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций выбраны несколько промышленных зон Липецкой (индустриальные парки Рождество, Созидатель, ОЭЗ ППТ Липецк площадки «Грязинская» и «Елецкая»), Воронежской (индустриальные парки Масловский, Перспектива, ОЭЗ ППТ Центр) и Белгородской областей (индустриальные парки Волоконовский, Комбинат, Северный, Фабрика). Характеристика выбранных объектов оценки уровня устойчивости представлена в таблице 4.8.

⁴⁴⁰ Moret W. Vulnerability assessment methodologies: A review of the literature // Washington, DC: FHI. – 2014. – Т. 360.

Таблица 4.8 – Характеристика выбранных объектов оценки уровня устойчивости

Промышленная зона	Название	Статус	Площадь территории, га	Сертификат АИП	Аккредитация Минпромторга РФ	Членство в АИП
Воронежская область	Масловский индустриальный парк	Действует	378		Да	
	ОЭЗ ППТ Центр	Действует	220,2			
	Индустриальный парк Перспектива	Действует	146,3			Да
Липецкая область	Индустриальный парк Рождество	Действует	420		Да	
	Индустриальный парк Созидатель	Действует	8,65		Да	
	ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Грязинская»	Действует	1024,5	Да	Да	Да
	ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Елецкая»	Действует	1273,8			Да
Белгородская область	Индустриальный парк Волоконовский	Действует	12,8			
	Индустриальный парк Комбинат	Действует	68			Да
	Индустриальный парк Северный	Действует	58,1		Да	Да
	Индустриальный парк Фабрика	Действует	24,2	Да	Да	Да

Источник: составлено автором по данным Ассоциации индустриальных парков (АИП) России⁴⁴¹

⁴⁴¹ Индустриальные парки и ОЭЗ России. <https://indparks.ru>.

По результатам исследования данных Росстата⁴⁴², Высшей школы экономики⁴⁴³, Ассоциации индустриальных парков России⁴⁴⁴, Министерства промышленности и торговли РФ⁴⁴⁵ построен исходный датасет по состоянию на 2020 год (таблица 4.9).

Результаты нормализации показателей оценки устойчивости объектов оценки представлены в таблице 4.10.

Расчет интегрального индекса устойчивости для каждого объекта оценки (для каждой промышленной экосистемы) представлен в таблице 4.11 и на рисунке 4.7.

На основе метода упорядочивания предпочтений по сходству с идеальным решением (ММУП):

- определен объект оценки с наибольшей устойчивостью (идеальное решение): Индустриальный парк Перспектива;
- определен объект оценки с наименьшей устойчивостью (наихудшее решение): ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Елецкая».

Можно провести сравнение между всеми промышленными экосистемами как единой группой. Однако следует учитывать, что между каждой из них существуют различия, касающиеся текущего состояния акторов, переменных параметров окружающей среды и т.д. Поэтому реалистичнее сравнивать промышленные экосистемы с похожими условиями.

⁴⁴² Цели устойчивого развития. Росстат. <https://rosstat.gov.ru/sdg/data>.

⁴⁴³ Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Выпуск 7 / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, С. В. Бредихин и др.; под ред. Л. М. Гохберга; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: НИУ ВШЭ, 2021. — 274 с.

⁴⁴⁴ Индустриальные парки и ОЭЗ России. <https://indparks.ru>.

⁴⁴⁵ Минпромторг РФ. <https://minpromtorg.gov.ru>.

Таблица 4.9 – Исходные данные для расчетов уровня устойчивости промышленных экосистем

Показатель	Масловский	ОЭЗ ППТ Центр	Перспектива	Рождество	Созидатель	ОЭЗ ППТ Липецк Грязинская	ОЭЗ ППТ Липецк Елецкая	Волокон овский	Комбинат	Северный	Фабрика
X1.1	0,9	0,8	1,1	0,89	0,56	1,1	1,1	1,08	1,12	0,87	0,92
X1.2	1	1	1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8
X1.3	30	30	30	32	32	32	32	29	29	29	20
X1.4	35	35	35	40	40	40	40	39	39	39	39
X1.5	5	7	10	7	14	11	11	5	5	3	11
X2.1	10	13	15	12	5	7	10	3	12	13	5
X2.2	20	15	11	8	14	14	12,69	11	8	9	16
X2.3	15	20	13	19	15	15,25	13	11	10	14	15
X2.4	0,6	0,7	0,6	0,4	0,8	0,7	0,6	0,7	0,4	0,6	0,4
X2.5	80	85	89	92	86	86	83	89	92	91	84
X2.6	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3	0,1	0,32	0,21
X2.7	5	7	10	7	14	11	7	5	5	3	6
X3.1	43	25	32	37	45	45	45	32	36	56	23

Источник: составлено автором

Таблица 4.10 – Результаты нормированных показателей оценки устойчивости объектов оценки

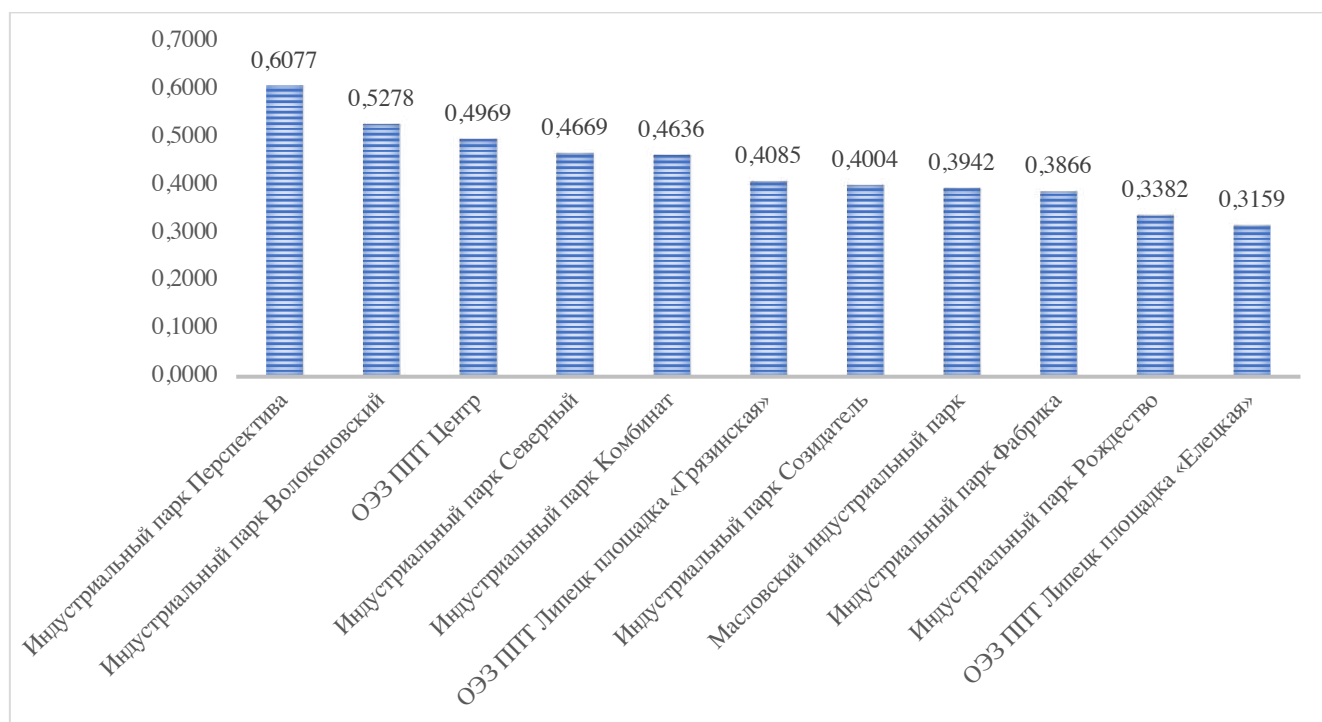
Показатель	Масловский	ОЭЗ ППТ Центр	Перспектива	Рождество	Созидатель	ОЭЗ ППТ Липецк Грязинская	ОЭЗ ППТ Липецк Елецкая	Волокон овский	Комбинат	Северный	Фабрика
X1.1	0,61	0,43	0,96	0,59	0,00	0,96	0,96	0,93	1,00	0,55	0,64
X1.2	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50
X1.3	0,11	0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	1,00
X1.4	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,18	0,18	0,18
X1.5	0,18	0,36	0,64	0,36	1,00	0,73	0,73	0,18	0,18	0,00	0,73
X2.1	0,13	0,04	0,00	0,06	0,50	0,29	0,13	1,00	0,06	0,04	0,50
X2.2	0,00	0,22	0,55	1,00	0,29	0,29	0,38	0,55	1,00	0,81	0,17
X2.3	0,33	0,00	0,54	0,05	0,33	0,31	0,54	0,82	1,00	0,43	0,33
X2.4	0,50	0,75	0,50	0,00	1,00	0,75	0,50	0,75	0,00	0,50	0,00
X2.5	0,00	0,42	0,75	1,00	0,50	0,50	0,25	0,75	1,00	0,92	0,33
X2.6	0,45	0,91	0,91	0,00	0,45	0,91	0,00	0,91	0,00	1,00	0,50
X2.7	0,18	0,36	0,64	0,36	1,00	0,73	0,36	0,18	0,18	0,00	0,27
X3.1	0,61	0,06	0,27	0,42	0,67	0,67	0,67	0,27	0,39	1,00	0,00

Источник: рассчитано автором

Таблица 4.11 – Интегральный показатель устойчивости промышленных экосистем

Объект	Интегральный показатель устойчивости за 2020 год	Ранг
Индустриальный парк Перспектива	0,6077	1
Индустриальный парк Волоконовский	0,5278	2
ОЭЗ ППТ Центр	0,4969	3
Индустриальный парк Северный	0,4669	4
Индустриальный парк Комбинат	0,4636	5
ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Грязинская»	0,4085	6
Индустриальный парк Созидатель	0,4004	7
Масловский индустриальный парк	0,3942	8
Индустриальный парк Фабрика	0,3866	9
Индустриальный парк Рождество	0,3382	10
ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Елецкая»	0,3159	11

Источник: рассчитано автором



Источник: рассчитано автором за 2020 год

Рисунок 4.7 – Ранжирование анализируемых промышленных зон по интегральному показателю устойчивости

Сравнение промышленных экосистем целесообразно проводить в рамках трех групп. С помощью вышеприведенного уравнения регрессии можно рассчитать интервал группировки. Три группы промышленных зон представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Три группы промышленных экосистем по показателю устойчивости

Группа	Значения интегрального показателя устойчивости	Промышленные зоны
Высокая устойчивость	[0,6; 1]	– Индустриальный парк Перспектива
Средняя устойчивость	[0,4; 0,6)	– Индустриальный парк Волоконовский – ОЭЗ ППТ Центр – Индустриальный парк Северный – Индустриальный парк Комбинат – ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Грязинская» – Индустриальный парк Созидатель
Низкая устойчивость	[0; 0,4)	– Масловский индустриальный парк – Индустриальный парк Фабрика – Индустриальный парк Рождество – ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Елецкая»

Источник: рассчитано автором

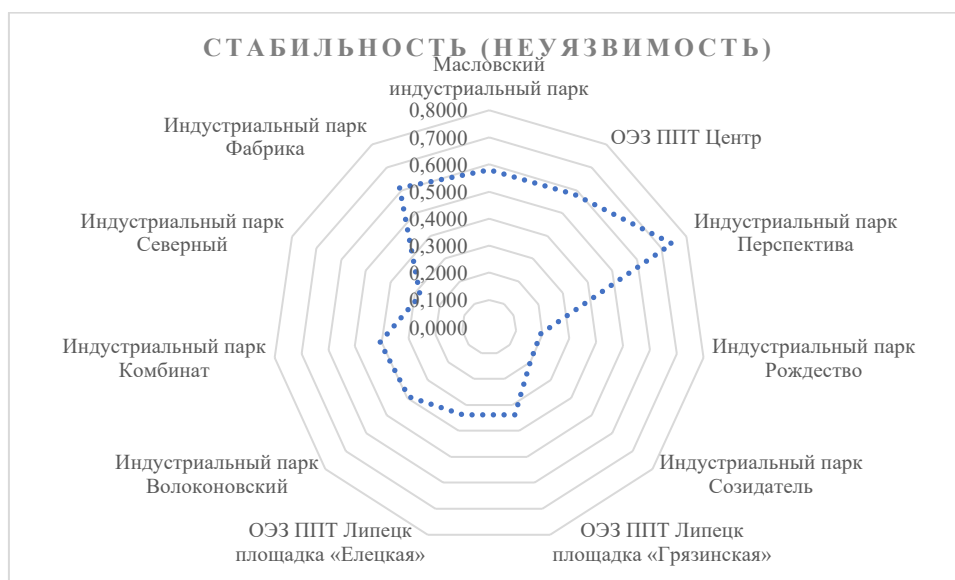
Рассчитаны показатели устойчивости по компонентам (стабильности, жизнестойкости, экосистемности) для каждого из оцениваемых объектов (таблица 4.13). Рассчитан интегрированный показатель устойчивости для каждого оцениваемого объекта. На основе интегрированного показателя устойчивости каждому объекту присвоен ранг: 1 – за максимальный показатель устойчивости, 11 – за минимальный показатель устойчивости.

Таблица 4.13 – Показатели устойчивости по трем компонентам в виде тепловой карты для оцениваемых объектов

Промышленная зона	Стабильность (неуязвимость)	Жизнестойкость (надежность)	Экосистемность (когерентность)	Интегрированный показатель устойчивости	Ранг	Группа устойчивости
Индустриальный парк Перспектива	0,7424	0,5542	0,2727	0,6049	1	Высокая
Волоконовский	0,3925	0,7078	0,2727	0,5530	2	Средняя
ОЭЗ ППТ Центр	0,5807	0,3857	0,0606	0,4357	3	Средняя
Индустриальный парк Северный	0,2811	0,5284	1,0000	0,4695	4	Средняя
Индустриальный парк Комбинат	0,4067	0,4635	0,3939	0,4363	5	Средняя
ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Грязинская»	0,3383	0,5384	0,6667	0,4713	6	Средняя
Индустриальный парк Созидатель	0,2000	0,5819	0,6667	0,4416	7	Средняя
Масловский индустриальный парк	0,5800	0,2278	0,6061	0,3924	8	Низкая
Индустриальный парк Фабрика	0,6099	0,3009	0,0000	0,3966	9	Низкая
Индустриальный парк Рождество	0,1906	0,3541	0,4242	0,2966	10	Низкая
«Елецкая»	0,3383	0,3088	0,6667	0,3477	11	Низкая

Источник: рассчитано автором

Лепестковая диаграмма стабильности (неуязвимости) для всех одиннадцати оцениваемых объектов представлена на рисунке 4.8.



Источник: рассчитано автором

Рисунок 4.8 – Распределение исследуемых промышленных зон по показателю стабильности (неуязвимости)

Из таблицы 4.13 и рисунка 4.8 видно, что наибольшей стабильностью характеризуется Индустриальный парк Перспектива, имеющий ранг равный 1 в оценке интегрированного индекса устойчивости. Наименьшей стабильностью отличается Индустриальный парк Рождество, имеющий ранг равный 10 по показателю устойчивости.

Лепестковая диаграмма жизнестойкости (надежности) для всех одиннадцати оцениваемых объектов представлена на рисунке 4.9.



Источник: рассчитано автором

Рисунок 4.9 – Распределение исследуемых промышленных зон по показателю жизнестойкости (надежности)

Из рисунка 4.9 видно, что наибольшей жизнестойкостью характеризуется Индустриальный парк Волоконовский, имеющий ранг равный 2 в оценке интегрированного индекса устойчивости. Наименьшей жизнестойкостью отличается Масловский индустриальный парк, имеющий ранг равный 8 по показателю устойчивости.

Лепестковая диаграмма экосистемности (когерентности) для всех одиннадцати оцениваемых объектов представлена на рисунке 4.10.



Источник: рассчитано автором

Рисунок 4.10 – Распределение исследуемых промышленных зон по показателю экосистемности (когерентности)

Из рисунка 4.10 видно, что наибольшей экосистемностью (когерентностью) характеризуется Индустриальный парк Северный, имеющий ранг равный 4 в оценке интегрированного индекса устойчивости. Наименьшей когерентностью отличается Индустриальный парк Фабрика, имеющий ранг равный 9 по показателю устойчивости.

На основе показателей устойчивости по трем компонентам в виде тепловой карты для оцениваемых объектов проведен корреляционный анализ (таблица 4.14).

Таблица 4.14 – Коэффициенты корреляции трех компонентов и интегрального показателя устойчивости

	Интегрированный показатель устойчивости	Стабильность (неуязвимость)	Жизнестойкость (надежность)	Экосистемность (когерентность)
Интегрированный показатель устойчивости	1			
Стабильность (неуязвимость)	0,4280	1		
Жизнестойкость (надежность)	0,7552	-0,2330	1	
Экосистемность (когерентность)	-0,1095	-0,6106	0,1268	1

Источник: рассчитано автором

По результатам корреляционного анализа можно сделать следующие выводы.

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о *несильной* линейной связи между X1 стабильностью (неуязвимостью) и Y интегрированным показателем устойчивости ($r = 0,428$).

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о *сильной* линейной связи между X2 жизнестойкостью (надежностью) и Y интегрированным показателем устойчивости ($r = 0,7552$).

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о *низкой* линейной связи между X3 экосистемностью (когерентностью) и Y интегрированным показателем устойчивости ($r = -0,1095$).

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о *низкой* линейной связи между X2 жизнестойкостью (надежностью) и X1 стабильностью (неуязвимостью) ($r = -0,233$).

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует об *умеренной* линейной связи между X3 экосистемностью (когерентностью) и X1 стабильностью (неуязвимостью) ($r = -0,6106$).

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о *низкой* линейной связи между X3 экосистемностью (когерентностью) и X2 жизнестойкостью (надежностью) ($r = 0,1268$).

Проведен дисперсионный анализ, результаты которого представлены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Результаты дисперсионного анализа

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	0,07509921	0,02503307	1,3686E+31	4,764E-108
Остаток	7	1,2803E-32	1,829E-33		
Итого	10	0,07509921			

Источник: рассчитано автором

Коэффициент детерминации R–квадрат = 0,9999 (аппроксимация высокая).

Значимость F = 4,764E-108 ($p < 0,05$ – регрессионная модель значима).

Коэффициенты регрессии представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Коэффициенты регрессии

	<i>P-</i>						
	<i>Коэффи</i>	<i>Стандартн</i>	<i>Значе</i>	<i>Нижни</i>	<i>Верхни</i>	<i>Нижние</i>	<i>Верхние</i>
	<i>циенты</i>	<i>ая ошибка</i>	<i>ние</i>	<i>е 95%</i>	<i>е 95%</i>	<i>95,0%</i>	<i>95,0%</i>
Y-пересечение	8,5E-5	0,0000	0,0214	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Стабильность							
(неуязвимость)	0,3846	0,0000	0,0000	0,3846	0,3846	0,3846	0,3846
Жизнестойкость							
(надежность)	0,5385	0,0000	0,0000	0,5385	0,5385	0,5385	0,5385
Экосистемность							
(когерентность)	0,0769	0,0000	0,0000	0,0769	0,0769	0,0769	0,0769

Источник: рассчитано автором

Y-пересечение $a_0 = -0,00000000000000002$.

$a_1 = 0,3846$ – коэффициент при независимой переменной Стабильность (неуязвимость).

$a_2 = 0,5385$ – коэффициент при независимой переменной Жизнестойкость (надежность);

$a_3 = 0,0769$ – коэффициент при независимой переменной Экосистемность (когерентность).

Константа оценивает агрегированное влияние прочих (кроме учтенных в модели x_i) факторов на результат Y и означает, что Y при отсутствии x_i составила бы 8,5E-5. Коэффициент b_1 указывает, что с увеличением x_1 на 1, Y увеличивается на 0,3846. Коэффициент b_2 указывает, что с увеличением x_2 на 1, Y увеличивается на 0,5383. Коэффициент b_3 указывает, что с увеличением x_3 на 1, Y увеличивается на 0,0769.

С учетом полученных данных функциональная зависимость устойчивости от стабильности (неуязвимости), жизнестойкости (надежности) и экосистемности (когерентности) запишется в виде уравнения (4.2):

$$Y = -0,00000000000000002 + 0,3846 X_1 + 0,5385 X_2 + 0,0769 X_3, \quad (4.2),$$

где X_1 – величина показателя стабильности (неуязвимости);

X_2 – величина показателя жизнестойкости (надежности);

X_3 – показателя экосистемности (когерентности).

Используя полученное уравнение регрессии, можно решить задачу оптимизации уровня устойчивости или спрогнозировать ожидаемую устойчивость при другом распределении ее компонентов.

Для оценки β -коэффициентов применим метод наименьших квадратов. По данным матрицы парных коэффициентов корреляции (таблица 4.14) получаем:

$$0,428 = \beta_1 - 0,233\beta_2 - 0,611\beta_3.$$

$$0,755 = -0,233\beta_1 + \beta_2 + 0,127\beta_3.$$

$$-0,11 = -0,611\beta_1 + 0,127\beta_2 + \beta_3.$$

Данную систему линейных уравнений решаем методом Гаусса:

$$\beta_1 = 0,801; \beta_2 = 0,908; \beta_3 = 0,265.$$

Стандартизированная форма уравнения регрессии имеет вид (4.3):

$$t_y = 0,801x_1 + 0,908x_2 + 0,265x_3. \quad (4.3)$$

Коэффициент β_j может интерпретироваться как показатель прямого (непосредственного) влияния j -ого фактора (x_j) на результат (y). По максимальному β_j можно судить, какой фактор сильнее влияет на результат Y . По результатам анализа, можно констатировать, что второй фактор (жизнестойкость, надежность) оказывает максимальное влияние на интегрированный показатель устойчивости. На втором месте – фактор стабильности (неуязвимости). Экосистемность (когерентность) оказывает слабое влияние на устойчивость рассматриваемых

промышленных зон.

Анализ остатков представлен в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Анализ остатков

<i>Наблюдение</i>	<i>Предсказанный показатель устойчивости</i>	<i>Стандартные остатки</i>
Масловский индустриальный парк	0,3924	0,7906
ОЭЗ ППТ Центр	0,4357	0,7906
Индустриальный парк Перспектива	0,6049	0,0000
Индустриальный парк Рождество	0,2966	1,5811
Индустриальный парк Созидатель	0,4416	0,7906
ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Грязинская»	0,4713	0,7906
ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Елецкая»	0,3477	0,7906
Индустриальный парк Волоконовский	0,5530	-1,5811
Индустриальный парк Комбинат	0,4363	0,7906
Индустриальный парк Северный	0,4695	0,7906
Индустриальный парк Фабрика	0,3966	0,7906

Источник: рассчитано автором

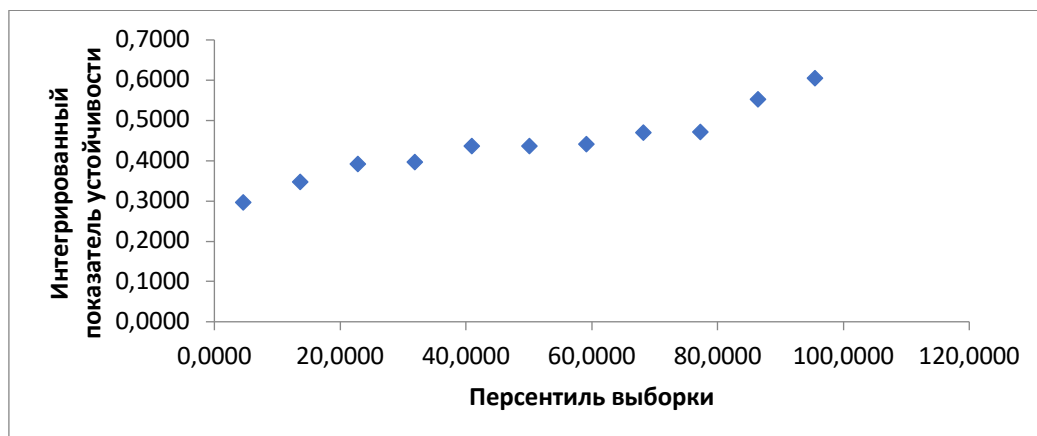
Вывод вероятности представлен в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Вывод вероятности в результате регрессионного анализа

<i>Персентиль</i>	4,	13,	22,	31,	40,	50,	59,	68,	77,	86,	95,
	55	64	73	82	91	00	09	18	27	36	45
<i>Интегрированный показатель устойчивости</i>	0,	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6
	30	5	9	0	4	4	4	7	7	5	0

Источник: рассчитано автором

График нормального распределения по результатам таблицы 4.18 представлен на рисунке 4.11.

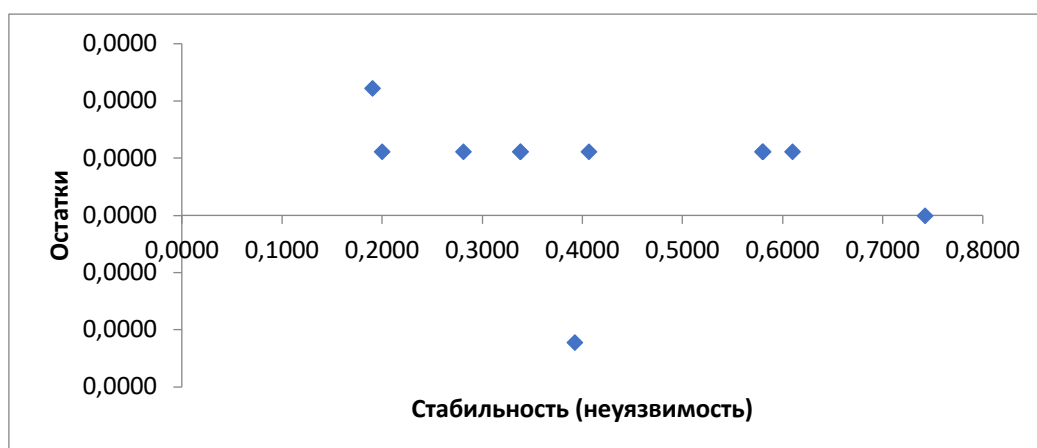


Источник: рассчитано автором

Рисунок 4.11 – График нормального распределения

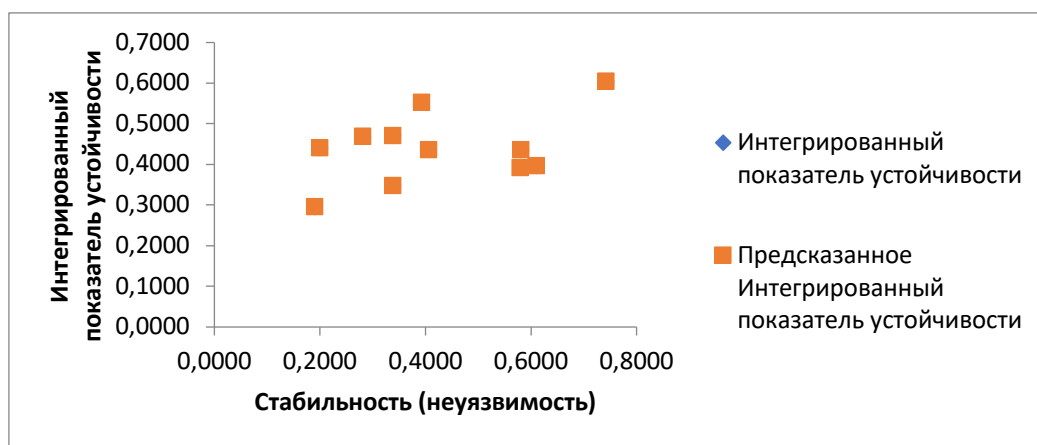
По каждому компоненту устойчивости составлены графики остатков и графики подбора (позволяют визуализировать отличия экспериментальных точек от предсказанных регрессионной моделью):

– по компоненту «стабильность (неуязвимость)» – представлены на рисунках 4.12 и 4.13;



Источник: рассчитано автором

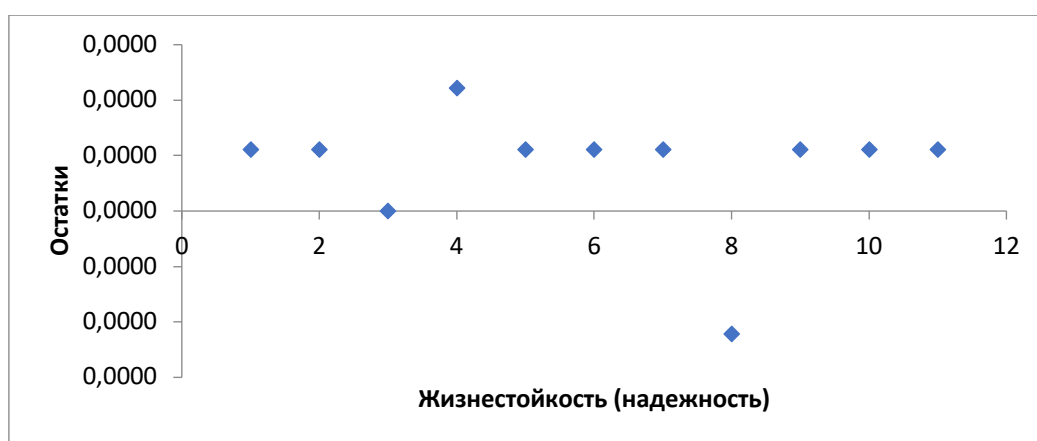
Рисунок 4.12 – График остатков по компоненту «Стабильность (неуязвимость)»



Источник: рассчитано автором

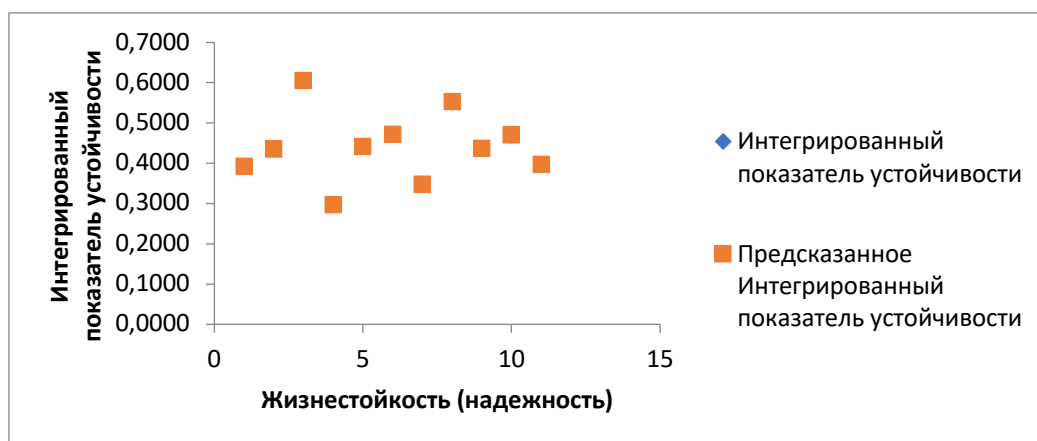
Рисунок 4.13 – График подбора по компоненту «Стабильность (неуязвимость)»

– по компоненту «жизнестойкость (надежность)» – представлены на рисунках 4.14 и 4.15;



Источник: рассчитано автором

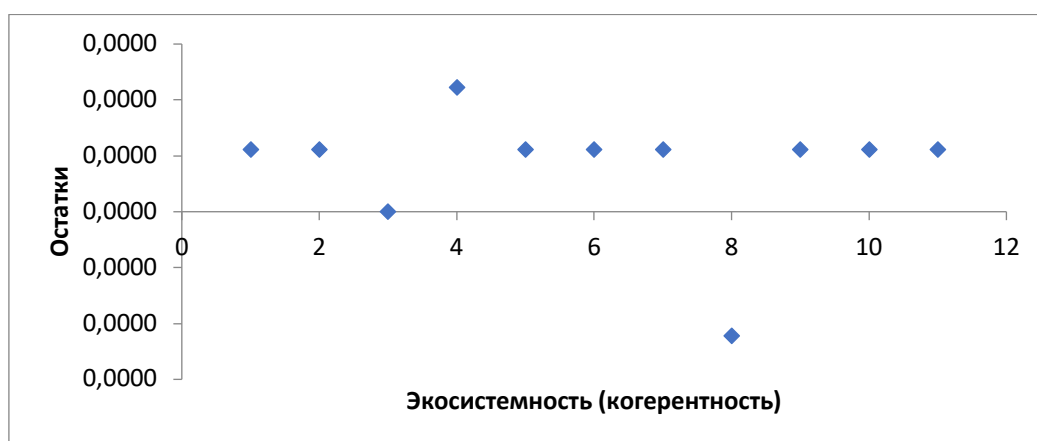
Рисунок 4.14 – График остатков по компоненту «Жизнестойкость (надежность)»



Источник: рассчитано автором

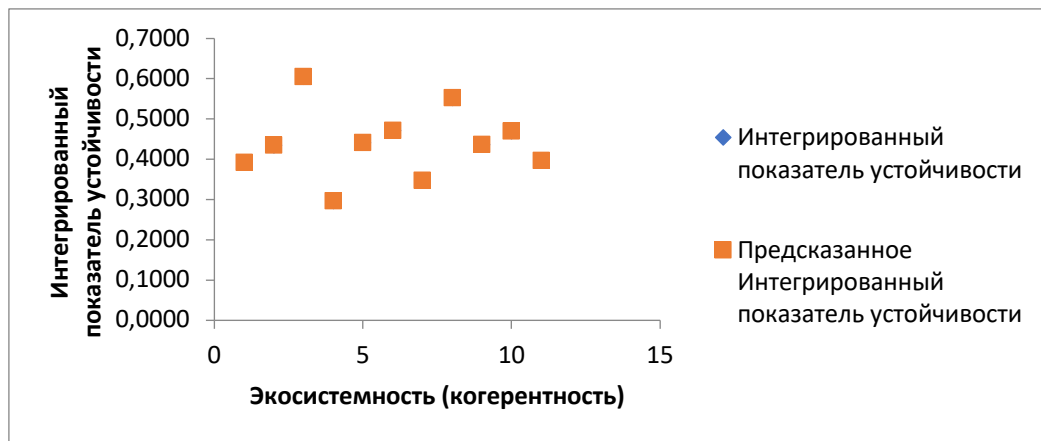
Рисунок 4.15 – График подбора по компоненту «Жизнестойкость (надежность)»

– по компоненту «Экосистемность (когерентность)» – представлены на рисунках 4.16 и 4.17;



Источник: рассчитано автором

Рисунок 4.16 – График остатков по компоненту «Экосистемность (когерентность)»



Источник: рассчитано автором

Рисунок 4.17 – График подбора по компоненту «Экосистемность (когерентность)»

Перейдем к статистическому анализу полученного уравнения регрессии: проверке значимости уравнения и его коэффициентов.

Средняя ошибка аппроксимации $A = 0,00497\%$.

На основе t -статистики определено, что статистическая значимость коэффициента регрессии b_0 не подтверждается, коэффициентов b_1 , b_2 , b_3 – подтверждается.

Проверим гипотезу об общей значимости – гипотезу об одновременном равенстве нулю всех коэффициентов регрессии при объясняющих переменных:

$H_0: R^2 = 0; \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_m = 0$.

$H_1: R^2 \neq 0$.

Проверка общего качества уравнения множественной регрессии на основе F -статистики распределения Фишера показала, что нет оснований для отклонения гипотезы H_0 . Коэффициент детерминации статистически значим и уравнение регрессии статистически надежно (т.е. коэффициенты b_i совместно значимы).

Таким образом, в результате расчетов было получено уравнение множественной регрессии: $Y = 8,5E-5 + 0,3846X_1 + 0,5383X_2 + 0,07692X_3$. Возможна экономическая интерпретация параметров модели:

– увеличение показателя стабильности на 1 ед. изм. приводит к увеличению устойчивости в среднем на 0,385 ед. изм.;

– увеличение жизнестойкости на 1 ед. изм. приводит к увеличению

устойчивости в среднем на 0.538 ед. изм.;

– увеличение X_3 на 1 ед. изм. приводит к увеличению Y в среднем на 0,0769 ед. изм.

По максимальному коэффициенту $\beta_2=0,908$ сделан вывод, что наибольшее влияние на устойчивость оказывает фактор жизнестойкости (неуязвимости). Статистическая значимость уравнения проверена с помощью коэффициента детерминации и критерия Фишера. Установлено, что в исследуемой ситуации 100% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j . Установлено также, что один или несколько параметров модели статистически не значимы.

Выводы по главе 4

В результате разработки методического инструментария управления устойчивостью промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций разработан практико-ориентированный методический подход к исследованию опыта управления устойчивым развитием промышленных экосистем. На основе семи последовательных этапов проанализирован национальный срез промышленных экосистем, в том числе эко-индустриальных парков и сетей промышленного симбиоза Дании, Норвегии, Швеции, Финляндии, России. Сделан вывод, что сложность состоит в том, что все рассмотренные экосистемы развивались на принципах самоорганизации, то есть «сами собой», из уже существующих промышленных структур и вокруг существующих факторов спроса и предложения. Масштабировать данный опыт создания и развития промышленных экосистем в других экосистемах крайне сложно. Для каждой промышленной системы потребуется свое собственное исследование, поскольку ее характеристики являются системно-специфическими.

В российском сегменте в 2021 году выявлены положительные тенденции рекордного прироста тренда на создание индустриальных парков, что эмпирически

демонстрирует актуальность, востребованность и реальную практическую эффективность данной формы, приближенной к промышленным экосистемам.

В России по состоянию на начало 2022 года выявлен первый и единственный опыт по созданию эко-индустриального парка на базе экосистемы промышленного симбиоза Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

По результатам практико-ориентированного методического подхода к исследованию опыта управления устойчивым развитием промышленных экосистем выделены *общие тенденции* развития промышленных экосистем: (1) объем рециклинга ресурсов увеличивается в процессе существования промышленных экосистем; (2) растет разнообразие акторов, ресурсов и потоков; (3) несмотря на принципиальное наличие локального расположения акторов в промышленной экосистеме, локальность со временем существования и развития промышленной экосистемы сокращается; (4) количество взаимозависимых отношений увеличивается, однако эта тенденция находится в зависимости от границ промышленной экосистемы.

Разработанная методика оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций построена на комбинировании трех методов: метода нечетких множеств; метода упорядочивания предпочтений по сходству с идеальным решением; метода ранг-суммирования и включает 9 этапов.

Суть методики сводится к предположению о том, что уровень устойчивости промышленных экосистем можно рассчитать через оценку стабильности, выраженной через показатель неуязвимости, обратный показателю уязвимости; жизнестойкости промышленной экосистемы, выраженной через показатель надежности; экосистемности, выраженной через когерентность промышленной экосистемы. В результате сформирована система показателей оценки устойчивости промышленных экосистем, включающая 13 показателей.

Методика оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций апробирована на трех промышленных зонах – Воронежской, Липецкой и Белгородской областей, –

включающих 11 объектов оценки: Масловский индустриальный парк, ОЭЗ ППТ Центр, Индустриальный парк Перспектива, Индустриальный парк Рождество, Индустриальный парк Созидатель, ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Грязинская», ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Елецкая», Индустриальный парк Волоконовский, Индустриальный парк Комбинат, Индустриальный парк Северный, Индустриальный парк Фабрика. В результате рассчитан интегральный индекс устойчивости для каждого объекта оценки. Анализируемые промышленные зоны проранжированы по интегральному показателю устойчивости. Определен объект с наибольшей устойчивостью (идеальное решение) – Индустриальный парк Перспектива, и с наименьшей устойчивостью (наихудшее решение) – ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Елецкая». Все объекты распределены по уровню устойчивости на три группы: высокая, средняя, низкая устойчивость. В результате множественного регрессионного анализа получено уравнение регрессии: $Y = 8,5E-5 + 0,3846X_1 + 0,5383X_2 + 0,07692X_3$. По максимальному коэффициенту $\beta_2=0,908$ сделан вывод, что наибольшее влияние на устойчивость оказывает фактор жизнестойкости (неуязвимости). Статистическая значимость уравнения проверена с помощью коэффициента детерминации и критерия Фишера. Установлено, что в исследуемой ситуации 100% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j . Установлено также, что один или несколько параметров модели статистически не значимы.

Глава 5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

5.1 Формирование механизма оркестрации устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций

Как было представлено при разработке и формировании концепции (глава 2 настоящего исследования) и методологии устойчивого развития промышленными экосистемами в условиях технологических трансформаций (глава 3) целенаправленными воздействиями управлять созданием и развитием промышленной экосистемы представляется крайне сложным. Это объясняется несколькими причинами:

- преобладанием самоорганизации и гомеостаза над внешним управлением в промышленной экосистеме;
- заменой вертикали власти одноранговыми отношениями между акторами в экосистеме;
- нецелесообразностью осуществления централизованного управления в промышленной экосистеме;
- отношениями между акторами, основанными на сильном доверии, богатом обмене информацией и совместном решении проблем и др.

В этих условиях в контексте настоящего исследования при разработке рекомендаций по совершенствованию управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций термин «управление» заменить на термин «оркестрация», достаточно широко применяемый к экономическим, в том числе промышленным, экосистемам в

научных публикациях последних лет⁴⁴⁶. Процесс *оркестрации экосистемы* в общем смысле подробно рассмотрен в п. 2.1 (рисунок 2.15) и п. 3.3 и определен как «набор преднамеренных, целенаправленных действий»⁴⁴⁷ ведущей фирмы (оркестратора) лишь по обеспечению институциональной стабильности, соблюдению экосистемных правил всеми акторами⁴⁴⁸.

Анализ, проведенный в четвертой главе настоящего исследования, показал, что существующие промышленные экосистемы и экоиндустриальные парки являются результатом целенаправленных и эволюционных процессов, которые либо привели к устойчивой экономической и промышленной деятельности на новых, пустых территориях, либо преобразовали локации с неустойчивой экономической деятельностью в устойчивые⁴⁴⁹.

В большинстве случаев процесс развития/перехода инициировался либо фирмами или учреждениями, работающими в конкретном месте (эндогенное развитие, как в случае Калуннборга), либо внешними органами (экзогенное развитие).

Эндогенное развитие обычно начинается с экономического или экологического кризиса на местном уровне, который запускает процесс повторного встраивания (формирование новых отношений, возможно, с новыми партнерами) по другой схеме конкуренции и сотрудничества.

⁴⁴⁶ Утепбергенов И. Т. и др. Оркестрация взаимодействия в центре обработки данных интеллектуальной транспортной системы города // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов VI Международной конференции, 14-19 октября 2019 г., Томск.— Томск, 2019. – 2019. – С. 59-64.

Попов Е. В., Долженко Р. А., Челак И. П. Результативность деятельности профессиональных экспертных сообществ в регионах // Менеджмент в России и за рубежом. – 2021. – №. 1. – С. 79-89.

Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ // Экономика и управление. 2021. Т. 27. № 10 (192). С. 751-765.

Осотов А. Будущее в стиле Digital // Беспроводные технологии. – 2016. – №. 1. – С. 10-11.

Parida V. et al. Orchestrating industrial ecosystem in circular economy: A two-stage transformation model for large manufacturing companies // Journal of business research. – 2019. – Т. 101. – С. 715-725.

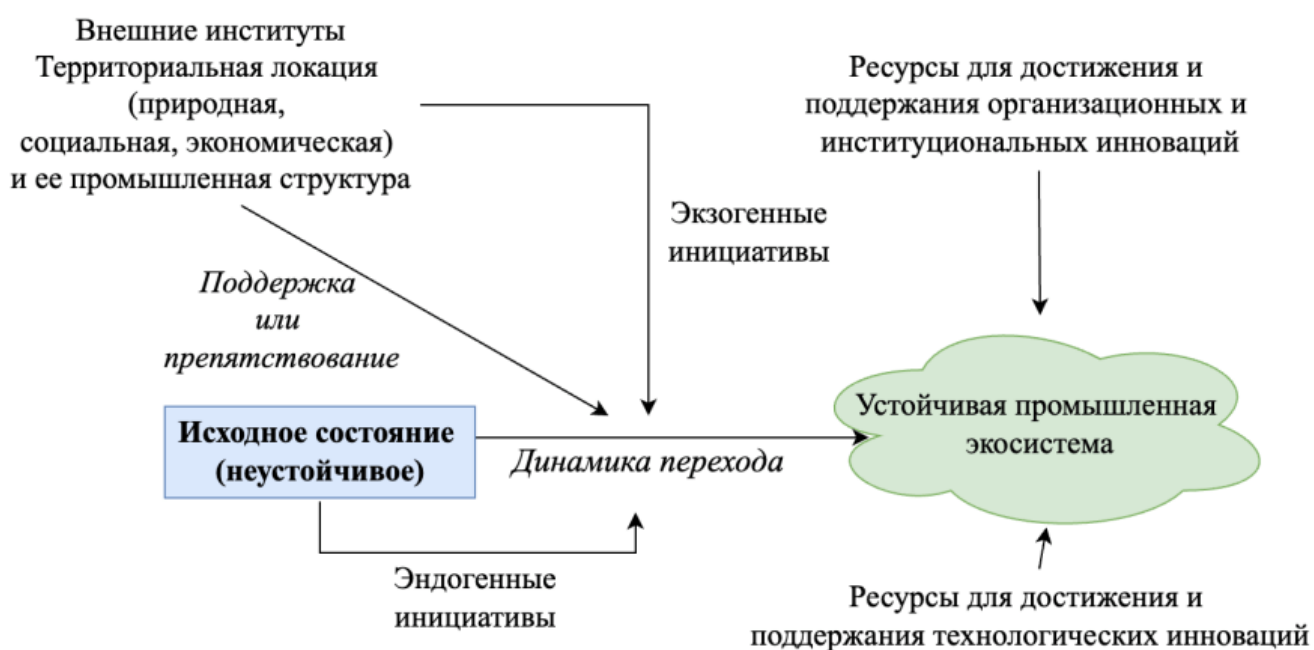
⁴⁴⁷ Dhanaraj C., Parkhe A. Orchestrating innovation networks // Academy of management review. – 2006. – Т. 31. – №. 3. – С. 659-669.

⁴⁴⁸ Zaoual A. R., Lecocq X. Orchestrating circularity within industrial ecosystems: Lessons from iconic cases in three different countries // California Management Review. – 2018. – Т. 60. – №. 3. – С. 133-156.

⁴⁴⁹ Côté R. P., Cohen-Rosenthal E. Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences // Journal of cleaner production. – 1998. – Т. 6. – №. 3-4. – С. 181-188.

Экзогенное экоиндустриальное развитие часто должно преодолеть дезадаптацию (разрыв социальных отношений), вызванную устаревшей или неудачной моделью. Повторное встраивание может происходить либо при наличии благоприятной и поддерживающей среды, либо, наоборот, в контрпродуктивной среде.

Концептуальная модель механизма управления переходом к устойчивому состоянию промышленной экосистемы на основе экзогенных и эндогенных инициатив представлена на рисунке 5.1.



Источник: составлено автором по материалам⁴⁵⁰

Рисунок 5.1 – Концептуальная модель механизма управления переходом к устойчивому состоянию промышленной экосистемы

В развитии представленной концептуальной модели разработан механизм оркестрации устойчивого развития промышленной экосистемы (рисунок 5.2).

⁴⁵⁰ Adamides E. D., Mouzakitis Y. Industrial ecosystems as technological niches //Journal of Cleaner Production. – 2009. – Т. 17. – №. 2. – С. 172-180.



Источник: разработано автором

Рисунок 5.2 – Механизм оркестрации устойчивого развития промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций

Под *механизмом оркестрации устойчивого развития промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций* понимается система экзогенных и эндогенных инициатив субъекта (внутреннего оркестратора, фасилитатора из числа акторов экосистемы или сторонней организации) по обеспечению управленческой, ресурсной поддержки и оркестрации динамики процесса перехода промышленной экосистемы из исходного к устойчивому состоянию с учетом вызовов технологических трансформаций на основе трех компонентов устойчивости, и четырех составляющих экосистемы, набора соответствующих функций, методов и инструментария с целью достижения комплекса долгосрочных ESG-результатов.

Таким образом, *подсистемами* механизма оркестрации устойчивого развития промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций являются следующие (рисунок 5.2):

1. *Подсистема вызовов внешней среды* (п. 1.2 настоящего исследования). Промышленные экосистемы, трансформирующие характер экономической деятельности в своей географической локации (например, переход от производства к сфере услуг) обычно сталкиваются с чужеродной средой, поскольку институты и основные поставщики ресурсов, в том числе и рабочая сила, незнакомы с новой деятельностью. К вызовам внешней среды в настоящем исследовании отнесены: эпоха антропоцена, период наибольшего ускорения, экспоненциальная смена технологических циклов, постнормальность в условиях VUCA-мира и BANI-состояния внешней среды. Подсистема вызовов внешней среды подробно рассмотрена п. 1.2 и 2.3 настоящего исследования.

2. *Ресурсная подсистема*, в рамках которой и в благоприятной, и в контрпродуктивной внешней среде во время управления устойчивым развитием промышленных экосистем предоставляются дополнительные ресурсы (материальные, информационные, кадровые, финансовые, политические и др.) для поддержки и сохранения импульса развития технологических и организационных инноваций, необходимых для достижения устойчивости и адаптации к

изменяющейся среде⁴⁵¹.

3. *Целевая подсистема* представляет собой комплекс ESG-целей управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций и включает три группы целей (п. 3.1 настоящего исследования):

1) экологические: экономию ресурсов, рециркуляцию, сокращение планетарной нагрузки;

2) социальные: улучшение качества жизни текущего и будущего поколений на основе совместных ценностей;

3) экономические: повышение интеграционного потенциала взаимодействия; рост идиосинкразической и ковариативной конкурентоспособности в долгосрочной перспективе; рост финансовых и операционных показателей.

4. *Субъектная подсистема управления*, в которой в качестве субъектов управления устойчивым развитием промышленной экосистемы выступают:

- специализированная организация-посредник;
- оркестратор (пейсмейкер, пейссеттер, мэтчмейкер) экосистемы;
- фасилитатор промышленного симбиоза.

Подробно субъекты управления рассмотрены в п. 2.1, 3.2 и 3.3 настоящего исследования.

5. *Процесс управленческой поддержки* развития промышленной экосистемы на основе *трех компонентов устойчивости* (робастности): стабильность (неуязвимость), жизнестойкость (надежность), экосистемность (когерентность). Компоненты устойчивости рассмотрены в п. 3.1 (рисунок 3.6) и 4.2 настоящего исследования.

6. *Процесс управленческой поддержки* развития промышленной экосистемы на основе *четырех составляющих экосистемы*: объектной (кластер), процессной (платформа), средовой (сеть), инновационной (инкубатор). Составляющие экосистемы методологически рассмотрены в п. 1.3 настоящего исследования

⁴⁵¹ Adamides E. D., Mouzakitis Y. Industrial ecosystems as technological niches //Journal of Cleaner Production. – 2009. – Т. 17. – №. 2. – С. 172-180.

(рисунок 1.8).

7. *Подсистема управленческих инициатив* по переходу промышленной экосистемы в устойчивое состояние. Когда процесс развития/перехода инициируется фирмами или учреждениями, работающими в конкретном месте, имеет место эндогенное развитие (как в случае Калуннборга). В другом случае, когда устойчивый переход инициируется внешними органами, происходит экзогенное развитие.

8. *Подсистема функций управления* устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций: коллективное целеполагание, мотивация, координация, организация коммуникаций, отбор акторов, бизнес-планирование, выявление лучших практик, адаптация, оценка зрелости, управление интересами и т.д. Подробно функции управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций рассмотрены в п. 2.1 и 3.3 настоящего исследования.

9. *Подсистема методов оркестрации* устойчивого развития промышленных экосистем включает стратегическое управление нишами, формирование технологических ниш, формирование сетей симбиоза, кластер проектов, управление «снизу вверх», управление изменениями, что подробно рассмотрено в п. 3.3 настоящего исследования.

10. *Подсистема подходов к управлению* включает проектный подход и кибер-социо-техно-когнитивный подход (п. 3.1 исследования).

В качестве основного управленческого подхода к устойчивому развитию промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций по аналогии с *социотехническим системным переходом* возможно применить *стратегическое управление нишами*⁴⁵².

В общем виде переходы – это процессы системной трансформации, в которых общество или сложная система общества изменяется фундаментальным образом посредством комбинации улучшающих вмешательств и системных

⁴⁵² Adamides E. D., Mouzakitis Y. Industrial ecosystems as technological niches //Journal of Cleaner Production. – 2009. – Т. 17. – №. 2. – С. 172-180.

инноваций⁴⁵³. Одним из механизмов организации таких переходов является формирование *технологических ниш*⁴⁵⁴, которые представляют собой поддерживаемые желательные конфигурации социоэкосистем (socio-ecosystems, SES) и промышленных экосистем, институционально и рыночно защищенные. *Стратегическое управление нишами* – это стратегия организованного перехода, основанная на создании защищенных локализованных пространств промышленной экосистемы⁴⁵⁵ с целью последующих изменений в текущей конфигурации системы.

11. Подсистема инструментов управления представлена⁴⁵⁶:

- цифровыми технологиями, платформами (п. 1.3, п. 2.2 настоящего исследования);
- программным обеспечением для быстрого скрининга потенциала промышленной экосистемы;
- виртуальными отраслевыми профилями (отраслевыми чертежами) для партнерства в обрабатывающей промышленности;
- паттернами, типовыми случаями и лучшими практиками управления промышленными экосистемами;
- интегрированными решениями моделей планирования с учетом спроса и энергопотребления и программным обеспечением для составления расписаний, чтобы в режиме реального времени управлять гибкостью отдельного актора (завода/компании) в качестве вклада в оптимизацию всего кластера на системном уровне;

⁴⁵³ Kemp R. et al. Managing the transition to sustainable mobility //System innovation and the transition to sustainability: theory, evidence and policy. – 2004. – С. 137-167.

⁴⁵⁴ Голиченко О. Г. Пути совершенствования подходов новой эволюционной теории инновационного развития //Друkerовский вестник. – 2020. – №. 4. – С. 27-45.

Подлазов А. В. Технологический императив как основа теории глобального демографического процесса //Препринты Института прикладной математики им. МВ Келдыша РАН. – 2015. – №. 0. – С. 92-32.

Захаров В. Я. и др. Концептуальные основы оценки факторов и системных эффектов сбалансированного развития сложных экономических систем в соответствии с концепцией "Индустрия 4.0" //Вестник Нижегородского университета им. НИ Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2018. – №. 3 (51).

⁴⁵⁵ Kemp R., Schot J., Hoogma R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management //Technology analysis & strategic management. – 1998. – Т. 10. – №. 2. – С. 175-198.

⁴⁵⁶ Sommer Klaus H. Study and portfolio review of the projects on industrial symbiosis in DG Research and Innovation: Findings and recommendations industrial symbiosis. 2020.

- инструментами оценки устойчивости (п. 4.2, п. 4.3 настоящего исследования), жизненного цикла (п. 2.3 настоящего исследования) для оценки и оптимизации использования отходов/побочных продуктов в сети различных акторов в различных отраслях;
- рекомендательными системами для согласования потребностей в ресурсах;
- многокритериальной поддержкой принятия решений для технологий преобразования энергии, воды, сырья;
- математическими инструментами для поддержки принятия решений в распределении затрат симбиоза и установлении цен;
- методологией и программной платформой для реализации инновационного промышленного симбиоза и т.д.

12. *Объектная подсистема управления*, в рамках которой объект есть процесс перехода промышленной экосистемой из исходного неустойчивого состояния в устойчивое на шести возможных уровнях (гига-, мега-, макро-, мезо-, микро-, нано-), что подробно было рассмотрено в п. 3.1 настоящего исследования (рисунок 3.4). Промышленная экосистема при этом может быть представлена разными формами проявления (эко-индустриальные парки, сети промышленного симбиоза и др.). Непосредственно промышленная экосистема рассматривать ранее в п. 2.1 настоящего исследования (рисунки 2.10, 2.12, 2.13, 2.19), п. 3.1 (рисунок 3.3).

13. *Подсистема результатов управления* устойчивым развитием промышленной экосистемой в условиях технологических трансформаций представлена ESG-эффектами управления устойчивым развитием промышленных экосистем (п. 3.1 настоящего исследования):

- 1) экологическими: сокращением добычи первичных ресурсов, образования отходов, выбросов CO₂ и других парниковых газов, выбросов от транспорта;
- 2) социальными: созданием рабочих мест на местах, выгодой для местных организаций от увеличения клиентской базы; привлечением талантов;
- 3) экономическими: снижением затрат на ресурсы, повышением устойчивости к колебаниям цен на ресурсы, снижением затрат на утилизацию

отходов, вкладом в стратегию устойчивого развития, дополнительным доходом и др.

Как только ресурсы и процессы, необходимые для развития и поддержания устойчивого развития промышленной экосистемы, будут введены в действие или, по крайней мере, рассмотрены в рамках создаваемого, проектируемого механизма оркестрации устойчивого развития, система прямо или косвенно потребует программы действий по организации непосредственного перехода промышленной экосистемы в устойчивое состояние в условиях технологических трансформаций.

5.2 Алгоритм трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние

На основе исследования промышленных экосистем, их организаторов и партнеров по экосистеме (п. 4.1 настоящего исследования) системную трансформацию, переход промышленной экосистемы из текущего (неустойчивого) в устойчивое состояние рекомендуется осуществлять на основе двухэтапного алгоритма⁴⁵⁷:

- 1) оценка готовности экосистемы;
- 2) трансформация экосистемы в устойчивое состояние.

Предложенный алгоритм позволяет экосистемному оркестратору оценить уровень готовности к трансформации, после чего на основе разработанного в п. 5.1 механизма оркестрации устойчивого развития (рисунок 5.2) в итоге добиться различных преимуществ и выигрышей. Особенно данный алгоритм подходит для ресурсоемких отраслей обрабатывающей промышленности с наличием потенциала перехода к промышленному симбиозу.

Оценка готовности промышленной экосистемы является важной отправной

⁴⁵⁷ Parida V. et al. Orchestrating industrial ecosystem in circular economy: A two-stage transformation model for large manufacturing companies //Journal of business research. – 2019. – Т. 101. – С. 715-725.

точкой для понимания процессов оркестрации и трансформации. Цель оценки готовности заключается в том, чтобы акторы экосистемы (будущие и настоящие) могли определить и глубже понять пробелы, связанные с трансформацией концепции устойчивого развития⁴⁵⁸.

Для оценки готовности рекомендуется использовать разработанный в Калуннборге скрининговый инструмент измерения уровня готовности к симбиозу (Symbiosis Readiness Level (SRL)), основанный на анкетировании, позволяющий определить как потенциал трансформации компании в устойчивое состояние, так и ее мотивацию и готовность вступить в промышленную экосистему, в партнерство по промышленному симбиозу. SRL получил развитие в проекте «Балтийский промышленный симбиоз» (BIS)⁴⁵⁹, рассмотренном в п. 4.1 настоящего исследования, и в проекте «Северные циркулярные центры», а также был включен в Руководство для организаторов промышленного симбиоза⁴⁶⁰.

Уровень готовности к симбиозу (SRL) определяет степень зрелости компании по девятиуровневой шкале: от хорошей идеи до полностью реализованного промышленного симбиоза как части устойчивой сети⁴⁶¹ (рисунок 5.3).

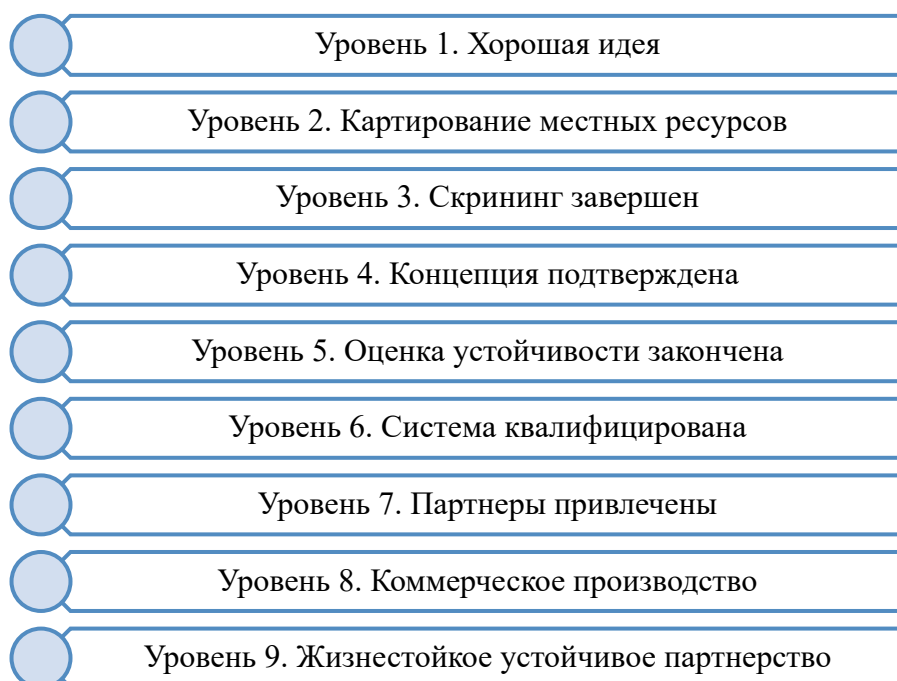
⁴⁵⁸ Parida V. et al. Orchestrating industrial ecosystem in circular economy: A two-stage transformation model for large manufacturing companies //Journal of business research. – 2019. – Т. 101. – С. 715-725.

⁴⁵⁹ Балтийский промышленный симбиоз как концепция устойчивого развития в регионе Балтийского моря. <https://tyreman.ru/bis>.

Baltic Industrial Symbiosis. <https://symbiosecenter.dk/en/project/bis/>, <https://projects.interreg-baltic.eu/projects/bis-186.html?#budget>.

⁴⁶⁰ GUIDE FOR INDUSTRIAL SYMBIOSIS FACILITATORS. <http://www.symbiosis.dk/en/inspiration/>.

⁴⁶¹ Symbiosis Readiness Level. <http://www.symbiosis.dk/en/inspiration/>.



Источник: составлено по материалам⁴⁶²

Рисунок 5.3 – Уровни готовности к симбиозу (SRL) по методике скрининга
Калуннборга

SRL может использоваться для описания и характеристики различных стадий развития как организации, так и конкретного проекта, а также для определения необходимых компетенций в отношении юридических, финансовых, экологических и управленческих потребностей. Фасилитаторы промышленной экосистемы могут получить обзор текущих проектов, а также ретроспективно определить препятствия для нереализованных проектов с помощью инструмента SRL.

Таким образом, алгоритм трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние можно представить в виде рисунка 5.4.

⁴⁶² Symbiosis Readiness Level. <http://www.symbiosis.dk/en/inspiration/>.



Источник: разработано автором

Рисунок 5.4 – Алгоритм трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние

Скрининговый инструмент SRL включает пять пунктов⁴⁶³:

1. *Характеристика организации.* Целью данного пункта является сбор основной информации о компании по конкретному предприятию и связанным с ним предприятиям. Компания, входящая в состав интегрированной структуры, должна включать информацию и по этой структуре.

2. *Бизнес-модель.* Этот пункт преследует две цели:

- сформировать общее представление о бизнес-модели предприятия;
- получить мнение предприятия о его возможностях и предпосылках для перехода к устойчивости.

И то, и другое станет основой для разработки бизнес-модели трансформации. Вопросы основаны на канве бизнес-модели А. Остервальдера⁴⁶⁴.

3. *Входы-выходы.* В данном пункте приводится обзор потоков и потребления ресурсов предприятия. Это также оценка собственного взгляда предприятия на возможности оптимизации ресурсов и участия в промышленном симбиозе, т.е. обмене ресурсами с другими компаниями. Данный подраздел преследует три цели:

- дать представление об общем восприятии предприятием значимости потребления ресурсов сегодня;
- оценить значимость оптимизации ресурсов для предприятия в будущем;
- получить представление о потоке ресурсов, который имеет наибольшее значение для предприятия.

Пункт входы-выходы имеет три подраздела, в которых отображены потоки ресурсов предприятия, разделенные на энергию, воду и материалы.

3.1. *Энергия.* Цель данного подраздела – узнать, какие виды энергии использует предприятие и каковы расходы на энергию.

3.2. *Вода.* Цель подраздела – выяснить, осуществляет ли предприятие платежи за воду, которая используется внутри промышленной экосистемы.

3.3. *Материалы.* Эти подраздел позволят определить, какие типы материалов

⁴⁶³ Symbiosis Readiness Level. <http://www.symbiosis.dk/en/inspiration/>.

⁴⁶⁴ Остервальдер А., Пинье И. Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора. – Альпина Паблишер, 2012.

использует предприятие и каковы затраты на них.

4. *Готовность*. Эта часть направлена на определение уровня готовности компании к участию в новых проектах по ресурсосбережению, устойчивым бизнес-моделям и промышленному симбиозу. В зависимости от выявленного показателя определяются наилучшие стратегии развития и повышения конкурентоспособности компании.

5. *Оценка эксперта*. Эта часть является отражением мнения интервьюера о потенциале предприятия с точки зрения эффективности использования ресурсов, разработки устойчивой бизнес-модели и/или промышленного симбиоза.

После оценки готовности к переходу промышленной экосистемы в устойчивое состояние на основе SRL в рамках двухэтапного алгоритма необходимо перейти к этапу непосредственной трансформации на основе механизма оркестрации устойчивого развития. Оркестрация должна осуществляться на основе трех последовательно-параллельных процессов⁴⁶⁵:

1. *Стандартизация*. Крупные промышленные компании вынуждены принимать участие в многочисленных мероприятиях по разработке отраслевых стандартов и правил, установлению норм и требований, связанных с моделями ведения устойчивого бизнеса. Помимо участия в дебатах по установлению отраслевых стандартов, лидеры экосистемы используют неформальные стандарты для формирования и направления создания экосистемы вместе со своими ближайшими партнерами по экосистеме.

2. *Взращивание* – крайне важное условие для оркестрации устойчивого развития промышленной экосистемы. Ведущие промышленные компании активно способствуют преобразованию экосистемы, используя снижение ранних инвестиционных затрат, связанных с устойчивым развитием. Многие акторы в промышленной экосистеме – это малые и средние фирмы, поэтому их необходимо поддерживать. Инвестиции в инновационную инфраструктуру и цифровые технологии позволяют лидерам экосистемы стимулировать другие акторы к

⁴⁶⁵ Parida V. et al. Orchestrating industrial ecosystem in circular economy: A two-stage transformation model for large manufacturing companies //Journal of business research. – 2019. – Т. 101. – С. 715-725.

участию в инициативах и проектах по устойчивому развитию, которые в противном случае были бы дорогими и сложными.

3. *Управление взаимодействиями и коммуникациями.* Коммуникативная и переговорная деятельность представляет собой незаменимый этап оркестрации устойчивого развития промышленной экосистемы, так как данный процесс требует согласованных действий многочисленных акторов, которые иногда могут иметь несовместимые стимулы и ценности. В исследовании⁴⁶⁶ показано, что коммуникации есть ядро процесса оркестрации экосистемы. Лидеры экосистемы также могут использовать программы селективного сотрудничества в целях управления устойчивым развитием.

Крайне важную роль в процессе оркестрации перехода, системной трансформации промышленной экосистемы из начального (неустойчивого) в устойчивое состояние играют цепочки промышленного симбиоза (что отражено на рисунке 5.2). Процесс организации цепей промышленного симбиоза включает в себя ряд этапов в соответствии с рисунком 5.5.

⁴⁶⁶ Parida V. et al. Orchestrating industrial ecosystem in circular economy: A two-stage transformation model for large manufacturing companies //Journal of business research. – 2019. – T. 101. – С. 715-725.

Этап 1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

- Поиск аргументов
- Получение поддержки

Этап 2. ПРОЦЕСС ФАСИЛИТАЦИИ

- Создание идентичности
- Выбор бизнес-модели
- Фасилитация нескольких заинтересованных сторон
- Набор навыков фасилитатора
- Разработка стратегии

Этап 3. УСТАНОВЛЕНИЕ СИМБИОТИЧЕСКИХ ОБМЕНОВ

- Инновационный процесс и роль фасилитатора
- Определение проблемы
- Изобретение решения

Этап 4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ

- Общая история
- Успешное сотрудничество
- Общая стратегия

Источник: составлено по материалам⁴⁶⁷

Рисунок 5.5 – Процесс фасилитации симбиоза в промышленной экосистеме

Результат оркестрации устойчивого развития промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций может привести к различным локальным выгодам и конкурентным преимуществам, например, к дифференциации и лидерству по затратам. Однако в контексте настоящего исследования главными целями и результатами трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние являются долгосрочные ценностные ESG-цели и ESG-результаты (как показано на рисунке 5.2). Таким образом, трансформация промышленной экосистемы в устойчивое состояние создает возможности для устойчивого развития всей промышленности.

⁴⁶⁷ GUIDE FOR INDUSTRIAL SYMBIOSIS FACILITATORS. <http://www.symbiosis.dk/en/inspiration/>.

5.3 Моделирование функций промышленной экосистемы с позиции экономии ресурсов и рециркуляции отходов

Моделирование промышленной экосистемы предлагается проводить на основе концепции промышленного симбиоза. В рамках настоящего исследования экосистемный подход концептуализирует сети фирм, вовлеченных в отношения в рамках промышленного симбиоза, с точки зрения акторов (фирм, компаний промышленной экосистемы), функций (обмен производственными ресурсами и отходами) и сервисов (экологические, социальные и экономические преимущества) и обеспечивает новое представление о том, как измерять и оценивать показатели эффективности промышленной коллаборации.

Проблема выбора индустриального партнера заключается в формировании коалиции между двумя и более независимыми акторами промышленной экосистемы на основе соглашения о сотрудничестве путем обмена и распределения ресурсов с целью получения конкурентных преимуществ. Данная проблема широко исследуется с 1980 годов. Так Е. Аустер⁴⁶⁸, У. Харриган и К. Ньюман⁴⁶⁹, В.А. Левенцов⁴⁷⁰, С.Н. Калюгина⁴⁷¹, И.Н. Омельченко И.Н.⁴⁷² рассматривают выбор индустриальных партнёров в контексте стратегических альянсов. Д. Гарг, Й. Нарахари⁴⁷³, Дж. Олхагер и Е. Селлдин⁴⁷⁴, М.М. Таирова, Н.Б. Аминова,

⁴⁶⁸ Auster E. R. Macro and strategic perspectives on interorganizational linkages: A comparative analysis and review with suggestions for reorientation // *Advances in strategic management*. – 1994. – Т. 10. – №. 1. – С. 3-40.

⁴⁶⁹ Harrigan W.H., Newman K.R. Bases of interorganizational cooperation: Propensity, power // *Journal of Management Studies*. – 1990. – Т. 274. – С. 417-434.

⁴⁷⁰ Левенцов В. А. Анализ современных форм и особенностей развития стратегических альянсов // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. – 2017. – №. 5 (23).

⁴⁷¹ Калюгина С. Н. Стратегические социальные альянсы промышленных предприятий. Стратегические социальные альянсы промышленных предприятий и их влияние на развитие социальной ответственности российского бизнеса // *Российское предпринимательство*. – 2011. – №. 2-1.

⁴⁷² Омельченко И. Н. и др. Стратегические альянсы промышленных предприятий: цель, задачи и принципы интеграции // *Управление научно-техническими проектами*. – 2018. – С. 168-170.

⁴⁷³ Garg D., Narahari Y., Viswanadham N. Achieving sharp deliveries in supply chains through variance pool allocation // *European Journal of Operational Research*. – 2006. – Т. 171. – №. 1. – С. 227-254.

⁴⁷⁴ Olhager J., Selldin E. Supply chain management survey of Swedish manufacturing firms // *International Journal of Production Economics*. – 2004. – Т. 89. – №. 3. – С. 353-361.

Н.О. Рахманкулова⁴⁷⁵, П.В. Трифонов, Р.В. Серышев⁴⁷⁶ – в контексте управления цепочкой поставок. Основная мотивация при выборе индустриального партнера, на взгляд автора, обусловлена возникающим синергетическим эффектом и может быть выражена следующим равенством⁴⁷⁷:

$$v(s^i \cup \dots \cup s^n) > v(\sum_{k=1}^m s^k), \quad (5.1)$$

где $v(.)$ – значение функции удовлетворения,

s^k – k -й партнер в промышленном альянсе.

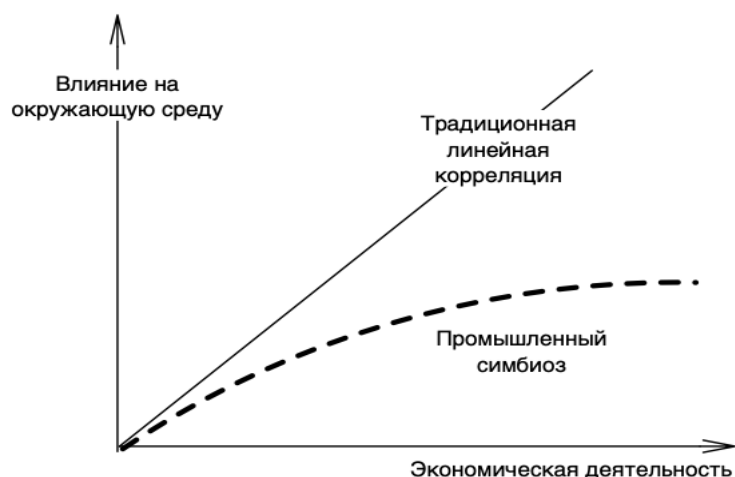
Формула (5.1) может быть интерпретирована следующим образом: ценность альянса больше, чем простое суммирование отдельных фирм, акторов. В данном контексте возможно экстраполировать теорию альянсов на концепцию промышленного симбиоза материалов, воды и энергии, рассматривающую сотрудничество между отдельными, но территориально локализованными акторами⁴⁷⁸. Реализация положений концепции промышленного симбиоза на практике приводит к снижению воздействия на окружающую среду при одновременном расширении экономической деятельности (рисунок 5.5).

⁴⁷⁵ Таирова М. М., Аминова Н. Б., Рахманкулова Н. О. Стратегия развития управления цепями поставок в обрабатывающей промышленности //International scientific review. – 2020. – №. LXXI.

⁴⁷⁶ Трифонов П. В., Серышев Р. В. Трансформация управления цепями поставок в условиях четвертой промышленной революции //Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – №. 3 (108).

⁴⁷⁷ Mamoune A., Yassine A. Creating an inductive model of industrial development with optimized flows for reducing its environmental impacts //Energy Procedia. – 2011. – Т. 6. – С. 396-403.

⁴⁷⁸ Chertow M. R., Lombardi D. R. Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms. – 2005.

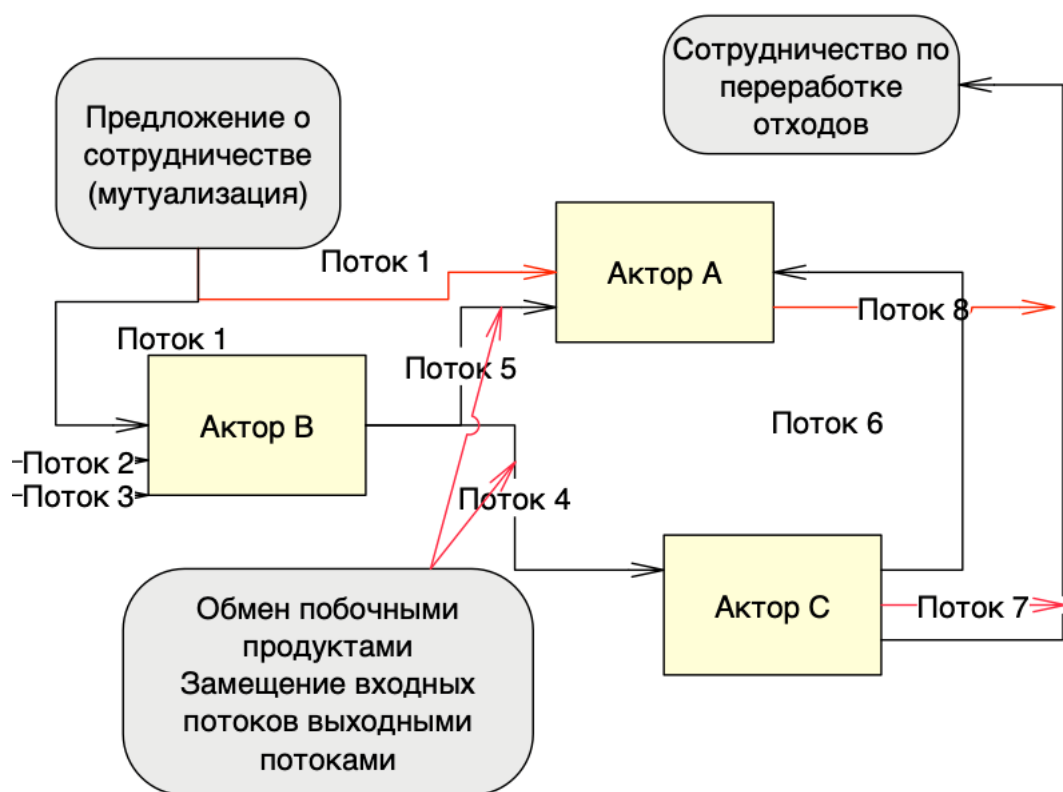


Источник: адаптировано по материалам⁴⁷⁹

Рисунок 5.5 – Воздействие промышленного симбиоза на окружающую среду и экономическую деятельность

Типичными примерами реализации концепции промышленного симбиоза являются замена первичного сырья на отходы от производства других компаний или взаимовыгодные межфирменные отношения (мутуализм, мутуализация) по поводу распределения материальных и энергетических потоков (рисунок 5.6).

⁴⁷⁹ Mamoune A., Yassine A. Creating an inductive model of industrial development with optimized flows for reducing its environmental impacts //Energy Procedia. – 2011. – Т. 6. – С. 396-403.



Источник: адаптировано по материалам⁴⁸⁰

Рисунок 5.6 – Мутуализация акторов промышленных экосистем

Синергетический эффект от замещения состоит в замене исходных невозобновляемых ресурсов отходами, побочными продуктами от производства, энергетическими излишками других акторов промышленной экосистемы. Таким образом, когда два близлежащих актора промышленной экосистемы нуждаются в идентичных ресурсах, объединение их потребностей сокращает затраты на поставку путем рационализации доставки и транспортировки. В случае схожих потребностей акторов промышленной экосистемы в паре или в сжатом воздухе мутуализация производства может повысить эффективность и, таким образом, снизить затраты и воздействие на окружающую среду.

В целях дальнейшего моделирования и математического описания промышленного симбиоза проиллюстрируем локацию из n акторов промышленной экосистемы, в которой F_i – совокупность материальных и энергетических потоков

⁴⁸⁰ Mamoune A., Yassine A. Creating an inductive model of industrial development with optimized flows for reducing its environmental impacts //Energy Procedia. – 2011. – Т. 6. – С. 396-403.

на входе и выходе фирмы i , r_i – вектор локализации актора i , r_{ij} – расстояние между двумя акторами i и j ⁴⁸¹:

$$r_{ij} = \|\vec{r}_i - \vec{r}_j\|. \quad (5.2)$$

Представим математически баланс материальных и энергетических потоков на входе и выходе между разными акторами промышленной экосистемы⁴⁸². Величина (F_{le}, F_{ls}) определяет совокупность входных потоков и выходных потоков актора l , величина $(\phi_{lm,e}, \phi_{lm,s})$ – совокупность материальных и энергетических потоков соответственно выше и ниже актора l .

$$\begin{cases} F_{le} = \{\phi_{l1,e}, \phi_{l2,e}, \dots, \phi_{lm,e}, \dots, \phi_{lp-1,e}, \phi_{lp,e}\} \\ F_{ls} = \{\phi_{l1,s}, \phi_{l2,s}, \dots, \phi_{lm',s}, \dots, \phi_{lp-1,s}, \phi_{lp,s}\} \\ l \in \{1, \dots, n\}, m \in \{1, \dots, p_l\}, m' \in \{1, \dots, q_l\} \end{cases} \quad (5.3)$$

Достижение баланса материальных и энергетических входных и выходных потоков каждым актором промышленной экосистемы позволяет сгруппировать данные потоки в вектор $F = (F1, F2, \dots, F_{Nmax})$, состоящий из $Nmax$ количества элементов, характеризующий обменные потоки. Например, поток $F1$ соответствует углекислому газу, поток $F2$ – водяному пару и т.д.

Другим потенциальным показателем промышленного симбиоза является количество акторов в промышленной экосистеме. В действительности *промышленная экосистема в целях достижения симбиоза должна включать не менее трех различных акторов, которые обмениваются не менее чем двумя видами ресурсов, ранее не вовлеченных в процессы рециркуляции*⁴⁸³.

⁴⁸¹ Mamoune A., Yassine A. Creating an inductive model of industrial development with optimized flows for reducing its environmental impacts //Energy Procedia. – 2011. – Т. 6. – С. 396-403.

⁴⁸² Mamoune A., Yassine A. Creating an inductive model of industrial development with optimized flows for reducing its environmental impacts //Energy Procedia. – 2011. – Т. 6. – С. 396-403.

⁴⁸³ Olhager J., Selldin E. Supply chain management survey of Swedish manufacturing firms //International Journal of Production Economics. – 2004. – Т. 89. – №. 3. – С. 353-361.

$$\forall l \in \{1, \dots, n\}: \begin{cases} n \geq 3 \\ p_l \leq N_{max} \\ q_l \leq N_{max} \end{cases} \quad (5.4)$$

Рассматривая подмножество $J = \{1, \dots, n\}$, возможно определить подмножества $\psi_{J,e}$ и $\psi_{J,s}$, которые находятся на пересечении различных потоков входных и выходных ресурсов и отходов каждого актора промышленной экосистемы. Тем не менее возможно вывести некоторое количественное значение единиц акторов, которые должны быть созданы для мутуализации поставок и обработки отходов⁴⁸⁴.

$$\begin{cases} \psi_{J,e} = \bigcap_{i \in J} \phi_{ipi,e} \\ \psi_{J,s} = \bigcap_{i \in J} \phi_{iqi,s} \end{cases} \quad (5.5)$$

Возможность симбиоза путем замещения материальных и энергетических потоков может быть оценена функцией S_{ij}^k ⁴⁸⁵, совмещающей физические и химические возможности двух потоков $\phi_{i,e}^{ki}$ на входе актора i и $\phi_{j,s}^{kj}$ на выходе актора j , где k_i и k_j обозначают тип этих потоков (соответственно, материальных или энергетических) на входе актора i и на выходе актора j .

$$\begin{aligned} S_{ij}^{ki}: F_{i,e} \times F_{j,s} &\rightarrow \{0,1\} \\ (\phi_{i,e}^{ki}, \phi_{j,s}^{kj}) &\rightarrow \begin{cases} 1, \text{ если } \phi_{i,e}^{ki} \approx \phi_{j,s}^{kj} \\ 0 \text{ в другом случае} \end{cases} \end{aligned} \quad (5.6)$$

В целях описания степени промышленного симбиоза в рамках экосистемы

Mamoune A., Yassine A. Creating an inductive model of industrial development with optimized flows for reducing its environmental impacts //Energy Procedia. – 2011. – Т. 6. – С. 396-403.

⁴⁸⁴ Mamoune A., Yassine A. Creating an inductive model of industrial development with optimized flows for reducing its environmental impacts //Energy Procedia. – 2011. – Т. 6. – С. 396-403.

⁴⁸⁵ Mamoune A., Yassine A. Creating an inductive model of industrial development with optimized flows for reducing its environmental impacts //Energy Procedia. – 2011. – Т. 6. – С. 396-403.

представим формализацию различных типов материальных и энергетических потоков в виде матрицы $[S]$ размерностью $N_{\max}n^2$ ⁴⁸⁶:

$$[S] = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} S_{11}^1 \\ S_{11}^2 \\ \vdots \\ S_{11}^{N_{\max}} \end{pmatrix} & \dots & \begin{pmatrix} S_{1j}^1 \\ S_{1j}^2 \\ \vdots \\ S_{1j}^{N_{\max}} \end{pmatrix} & \dots & \begin{pmatrix} S_{1n}^1 \\ S_{1n}^2 \\ \vdots \\ S_{1n}^{N_{\max}} \end{pmatrix} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ \begin{pmatrix} S_{i1}^1 \\ S_{i1}^2 \\ \vdots \\ S_{i1}^{N_{\max}} \end{pmatrix} & \dots & \begin{pmatrix} S_{ij}^1 \\ S_{ij}^2 \\ \vdots \\ S_{ij}^{N_{\max}} \end{pmatrix} & \dots & \begin{pmatrix} S_{in}^1 \\ S_{in}^2 \\ \vdots \\ S_{in}^{N_{\max}} \end{pmatrix} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \begin{pmatrix} S_{n1}^1 \\ S_{n1}^2 \\ \vdots \\ S_{n1}^{N_{\max}} \end{pmatrix} & \dots & \begin{pmatrix} S_{nj}^1 \\ S_{nj}^2 \\ \vdots \\ S_{nj}^{N_{\max}} \end{pmatrix} & \dots & \begin{pmatrix} S_{nn}^1 \\ S_{nn}^2 \\ \vdots \\ S_{nn}^{N_{\max}} \end{pmatrix} \end{pmatrix}. \quad (5.7)$$

В рамках используемого в целях моделирования методологического подхода промышленная экосистема определяется как сеть акторов, взаимосвязанных на основе промышленного симбиоза, выполняющих две основные функции⁴⁸⁷:

- 1) рециркуляцию полученных отходов;
- 2) экономию необходимых ресурсов.

Акторы промышленной экосистемы вносят свой вклад в реализацию данных функций путем обмена производственных отходов на производственные ресурсы. Реализуя вышеуказанные функции, акторы промышленной экосистемы могут сокращать свои производственные затраты и увеличивать свою экономическую эффективность, что, в свою очередь, способствует повышению конкурентоспособности, устойчивости и жизнеспособности компаний на рынках.

⁴⁸⁶ Mamoune A., Yassine A. Creating an inductive model of industrial development with optimized flows for reducing its environmental impacts //Energy Procedia. – 2011. – Т. 6. – С. 396-403.

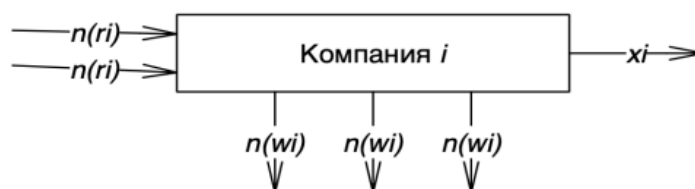
⁴⁸⁷ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Rethinking resilience in industrial symbiosis: conceptualization and measurements //Ecological Economics. – 2017. – Т. 137. – С. 148-162.

Korhonen J. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem //Journal of Cleaner production. – 2001. – Т. 9. – №. 3. – С. 253-259.

Korhonen J., Baumgartner R. J. The industrial ecosystem balanced scorecard //International Journal of Innovation and Sustainable Development. – 2009. – Т. 4. – №. 1. – С. 24-42.

В то же время промышленная экосистема, через реализацию основных функций внутри экосистемы, обеспечивает ряд преимуществ для окружающей среды, выражающихся в сокращении вреда от производственной деятельности (уровень выбросов, сокращение потребления воды, сырья и т.д.).

Для моделирования входящих и выходящих потоков между акторами промышленной экосистемы предлагается использовать такой методологический подход⁴⁸⁸, в рамках которого промышленная экосистема описывается как сеть компаний, закупающих материалы и энергию (первичные ресурсы) на входе, преобразующих их в продукцию и производящих отходы на выходе (рисунок 5.7). Без какого-либо экосистемного обмена первичные ресурсы закупаются у традиционных поставщиков, а отходы утилизируются на свалках⁴⁸⁹.



Источник: адаптировано автором по материалам⁴⁹⁰

Рисунок 5.7 – Общее представление компании как актора промышленной экосистемы

Общая модель промышленной экосистемы включает n акторов (фирм, компаний). Для упрощения процесса моделирования предположим, что каждая компания производит только один основной выход, который продается на рынке. Это допущение является обычным для моделей, построенных на основе выделения входных и выходных потоков, и может нивелировано в дальнейшем путем

⁴⁸⁸ Данный подход получил название ЕІО (Enterprise Input-Output), то есть подход, основанный на выделении входных и выходных потоков в компании. *Источник:* Grubbstrom R. W., Tang O. An overview of input-output analysis applied to production-inventory systems //Economic Systems Research. – 2000. – Т. 12. – №. 1. – С. 3-25.

⁴⁸⁹ Fraccascia L., Albino V., Garavelli C. A. Technical efficiency measures of industrial symbiosis networks using enterprise input-output analysis //International Journal of Production Economics. – 2017. – Т. 183. – С. 273-286.

⁴⁹⁰ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Ecosystem indicators for measuring industrial symbiosis //Ecological economics. – 2021. – Т. 183. – С. 106944.

моделирования одной компании как совокупности нескольких производственных процессов, каждый из которых имеет вход⁴⁹¹.

Промышленная экосистема генерирует n выходов. Примем, $x(t)$ – $n \times 1$ вектор валовой продукции, произведенной в момент времени t . Объемы произведенной продукции считаются зависимыми от рыночного спроса на основную продукцию⁴⁹².

Для производства продукции компания i использует $n(r_i)$ первичных ресурсов и генерирует $n(w_i)$ отходов (рисунок 1). В целом, для промышленной экосистемы требуется $n(r)$ первичных ресурсов, $n(r) \leq \sum_{i=1}^n n(r_i)$, в результате чего генерируется $n(w)$ отходов, $n(w) \leq \sum_{i=1}^n n(w_i)$. Равенство сохраняется, когда каждый первичный ресурс используется только одной компанией или каждый отход генерируется только одной компанией, соответственно.

Пусть $r(t)$ – $n(r) \times 1$ вектор первичных ресурсов, используемых всеми компаниями в момент времени t , а $w(t)$ – $n(w) \times 1$ вектор отходов, генерируемых всеми компаниями одновременно. И потребность в первичных ресурсах, и генерация вторичных отходов соотносятся с валовым производством продукции в соответствии с уравнениями (5.8) и (5.9)⁴⁹³:

$$r(t) = Rx(t), \quad (5.8)$$

$$w(t) = Wx(t), \quad (5.9)$$

где $n(r)$ х n – матрица первичного входного коэффициента R ,

⁴⁹¹ Fraccascia L., Albino V., Garavelli C. A. Technical efficiency measures of industrial symbiosis networks using enterprise input-output analysis //International Journal of Production Economics. – 2017. – Т. 183. – С. 273-286.
Yazan D. M. Constructing joint production chains: An enterprise input-output approach for alternative energy use //Resources, conservation and recycling. – 2016. – Т. 107. – С. 38-52.

Yazan D. M., Romano V. A., Albino V. The design of industrial symbiosis: an input-output approach //Journal of cleaner production. – 2016. – Т. 129. – С. 537-547.

⁴⁹² Yazan D. M. Constructing joint production chains: An enterprise input-output approach for alternative energy use //Resources, conservation and recycling. – 2016. – Т. 107. – С. 38-52.

⁴⁹³ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Ecosystem indicators for measuring industrial symbiosis //Ecological economics. – 2021. – Т. 183. – С. 106944.

$n(w) \times n$ – матрица выходного коэффициента отходов W .

Обе матрицы получаются по наблюдаемым данным.

Общий элемент Rlj обозначает требуемое количество первичного ресурса для производства одной единицы продукции компанией j . Аналогично, элемент Wkj обозначает количество отходов k , генерируемое при производстве одной единицы продукции компанией j .

Когда экосистемное взаимодействие происходит между двумя компаниями, генерируемые ими отходы могут быть использованы в качестве первичных ресурсов другими компаниями. В этих условиях для моделирования потоков отходов между компаниями можно выделить $e^{i \rightarrow j}$ как $n(w) \times 1$ вектор наблюдаемых симбиотических потоков между i и j . Базовый элемент $e_k^{i \rightarrow j}(t)$ обозначает количество k -го потока отходов между компанией i и компанией j в момент времени t . Предположим, что производственные отходы компании i могут быть использованы компанией j для замены первичных ресурсов l . Количество обменных отходов не может быть больше, чем количество отходов k , произведенных компанией i , или соответствующего количества первичных ресурсов l , требуемых компанией j . Таким образом, должно выполняться следующее условие (5.10)⁴⁹⁴:

$$e_k^{i \rightarrow j}(t) \leq \min \left\{ W_{ki} x_i(t); \frac{R_{lj}}{s_{l \leftarrow k}} \times x_i(t) \right\} \forall (i, j, k, l), s_{l \leftarrow k} \neq 0, \quad (5.10)$$

где $s_{l \leftarrow k}$ показывает, насколько много единиц первичного ресурса l может быть заменено одной единицей отходов k .

Может случиться так, что одна единица отхода может быть заменена более, чем одной единицей ресурса. В данном случае примем, что отход k может быть заменен как ресурсом l , так и ресурсом m , требуемыми компанией j . Тогда

⁴⁹⁴ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Ecosystem indicators for measuring industrial symbiosis // Ecological economics. – 2021. – Т. 183. – С. 106944.

уравнение (5.10) может быть модифицировано следующим образом⁴⁹⁵:

$$e_k^{i \rightarrow j}(t) \leq \min \left\{ W_{ki} x_i(t); \left[\frac{R_{lj}}{s_{l \leftarrow k}} + \frac{R_{mj}}{s_{m \leftarrow k}} \right] \times x_j(t) \right\}. \quad (5.11)$$

>>й >

Далее сфокусируемся на основной компании i . Количество общего k -го потока отходов, генерируемого этой компаний в момент времени t в условиях экосистемного взаимодействия, может быть выражено уравнением (5.12)⁴⁹⁶:

$$w_{ki}^s(t) = \sum_{j=1}^n e_k^{i \rightarrow j}(t). \quad (5.12)$$

Аналогично количество общего потока первичных ресурсов l , требуемых данной компанией (замещенных отходами и, следовательно, не покупаемых у обычных поставщиков) в момент времени t в условиях экосистемного взаимодействия может быть выражено уравнением (5.13)⁴⁹⁷:

$$r_{li}^s(t) = \sum_{k=1}^{n(w)} \sum_{j=1}^n s_{l \leftarrow k} \times e_k^{j \rightarrow i}(t). \quad (5.13)$$

На уровне промышленной экосистемы величина k -го потока отходов и l -го потока ресурсов в момент времени t определяются выражениями (5.14) и (5.15)⁴⁹⁸:

$$w_k^s(t) = \sum_{i=1}^n w_{ki}^s(t), \quad (5.14)$$

$$r_l^s(t) = \sum_{i=1}^n r_{li}^s(t). \quad (5.15)$$

⁴⁹⁵ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Ecosystem indicators for measuring industrial symbiosis //Ecological economics. – 2021. – Т. 183. – С. 106944.

⁴⁹⁶ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Ecosystem indicators for measuring industrial symbiosis //Ecological economics. – 2021. – Т. 183. – С. 106944.

⁴⁹⁷ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Ecosystem indicators for measuring industrial symbiosis //Ecological economics. – 2021. – Т. 183. – С. 106944.

⁴⁹⁸ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Ecosystem indicators for measuring industrial symbiosis //Ecological economics. – 2021. – Т. 183. – С. 106944.

Как показано в исследовании⁴⁹⁹, для типовой промышленной экосистемы, состоящей из f акторов, обменивающихся w отходами, определяются две матрицы: P и C .

$P - f \times w$ матрица, отображающая структуру производства отходов: общий элемент P_{ij} обозначает количество отходов j , произведенных актором i и обмениваемых в рамках промышленной экосистемы. Аналогично $C - f \times w$ матрица, отображающая структуру использования отходов: общий элемент C_{ij} обозначает количество отходов j , используемых фирмой i в результате симбиотического обмена внутри промышленной экосистемы.

Матрицы P и C , отображающие структуры производства и использования отходов промышленной экосистемы Калуннборга, представлены в таблицах 5.1 и 5.2, соответственно. Они используются для расчета индексов акторного разнообразия и совместности использования отходов.

⁴⁹⁹ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Rethinking resilience in industrial symbiosis: conceptualization and measurements // Ecological Economics. – 2017. – Т. 137. – С. 148-162.

Таблица 5.1 – Структура производства отходов промышленной экосистемы Калуннборга

[illegible]

Актор / Отход	Вода [м3]	Отходящие газы [т]	Биомасса [т]	Зола [т]	Тепло [т]	Пар [т]	Дрожжевой навоз [м3]	Серное удобрение [т]	Гипс [т]	Отходы [т]	Солома [т]	Биоэтанол [т]
Производства никеля	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Компания ARGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10400	0	0
КомпанияGyproc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Компания Ørsted	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Компания Statoil	11700	88400	0	0	0	0	0	3640	0	0	0	0
Компания Inbicon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5590
Фермы (2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39000	0

Источник: составлено автором

Таблица 5.2 – Структура использования отходов промышленной экосистемы Калуннборга

Актор / Отход	Вода [м3]	Отходящие газы [т]	Биомасса [т]	Зола [т]	Тепло [т]	Пар [т]	Дрожжевой навоз [м3]	Серное удобрение [т]	Гипс [т]	Отходы [т]	Солома [т]	Биоэтанол [т]
DongEnergy	11700	78000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Муниципалитет	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Очистные сооружения	299000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Компания Novo Nordisk	638300	0	0	0	0	6,5E+14	0	0	0	0	0	0
Свиноводческая ферма	0	0	0	0	0	0	119600	0	0	0	0	0
Фермы (1)	0	0	195000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Рыбная ферма	0	0	0	0	5,07E+14	0	0	0	0	0	0	0
Производство цемента	0	0	0	260000	0	0	0	0	0	0	0	0

Актор / Отход	Вода [м3]	Отходящи е газы [т]	Биомасс а [т]	Зола [т]	Тепл о [т]	Пар [т]	Дрожжево й навоз [м3]	Серное удобрени е [т]	Гипс [т]	Отход ы [т]	Солом а [т]	Биоэтано л [т]
Производства никеля	0	0	0	13000 0	0	0	0	0	0	0	0	0
Компания ARGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
КомпанияGypro с	0	10400	0	0	0	0	0	0	10400 0	10400	0	0
Компания Ørsted	0	0	0	0	0	0	0	3640	0	0	0	0
Компания Statoil	62790 0	0	0	0	0	6,5E+1 4	0	0	0	0	0	5590
Компания Inbicon	0	0	0	0	0	6,5E+1 4	0	0	0	0	39000	0
Фермы (2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Источник: составлено автором

Индекс *повсеместности* в производстве определяется как количество фирм, которые производят эти отходы⁵⁰⁰:

$$D_{IES} = w, \quad (5.16)$$

а индекс *повсеместности* в использовании – как количество фирм, которые используют эти отходы.

Рассчитанные индексы *повсеместности* в производстве и в использовании отходов для промышленной экосистемы Калуннборга представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Индексы *повсеместности* в производстве и в использовании отходов для промышленной экосистемы Калуннборга

Индекс	Индекс <i>повсеместности</i> в производстве	Индекс <i>повсеместности</i> в использовании
Вода [м3]	4	4
Отходящие газы [т]	1	2
Биомасса [т]	1	1
Зола [т]	1	2
Тепло [т]	1	1
Пар [т]	1	3
Дрожжевой навоз [м3]	1	1
Серное удобрение [т]	1	1
Гипс [т]	1	1
Отходы [т]	1	1
Солома [т]	1	1
Биоэтанол [т]	1	1
Среднее значение	1,25	1,58

Источник: рассчитано автором

⁵⁰⁰ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Rethinking resilience in industrial symbiosis: conceptualization and measurements //Ecological Economics. – 2017. – Т. 137. – С. 148-162.

В среднем акторы промышленной экосистемы Калуннборга производят 1 вид отходов и используют 1,2 видов отходов. В среднем каждый отход производится 1,25 фирмами и используется 1,58 фирмами.

В структуре производства повсеместность отходов равна четырем для воды и единице – для всех остальных отходов.

В структуре использования вода имеет повсеместность, равную четырем, пар – трем, отходящие газы и летучая зола – двум, а остальные отходы – единице.

Разнообразие промышленной экосистемы на основе сети промышленного симбиоза определяется как количество обменивающихся отходов между акторами. Акторное разнообразие определяется относительно структуры производства D_i^P (таблица 5.1) и структуры отходов D_i^C (таблица 5.2). В структуре производства оно определяется как сумма соотношений между количеством каждого вида отходов, производимых фирмой, и количеством этих отходов, производимых в рамках промышленной экосистемы⁵⁰¹:

$$D_i^P = \sum_{j|P_{ij}>0} \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^f P_{ij}}. \quad (5.17)$$

Аналогично разнообразие акторов в структуре использования определяется как сумма соотношений между количеством каждого отхода, используемого актором, и количеством этих отходов, используемых в рамках промышленной экосистемы⁵⁰²:

$$D_i^C = \sum_{j|C_{ij}>0} \frac{C_{ij}}{\sum_{i=1}^f C_{ij}}. \quad (5.18)$$

Оба этих индекса варьируются от нуля до w : чем выше значение, тем выше

⁵⁰¹ Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Rethinking resilience in industrial symbiosis: conceptualization and measurements //Ecological Economics. – 2017. – Т. 137. – С. 148-162.

⁵⁰² Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Rethinking resilience in industrial symbiosis: conceptualization and measurements //Ecological Economics. – 2017. – Т. 137. – С. 148-162.

акторное разнообразие. Каждый отход, обмениваемый в рамках промышленной экосистемы, связан с двумя индексами повсеместности: повсеместность в производстве и повсеместность в использовании (таблица 5.3).

Рассчитанные индексы акторного разнообразия структуры производства и структуры использования отходов представлены для промышленной экосистемы Калуннборга представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Индексы акторного разнообразия структуры производства и структуры использования отходов для промышленной экосистемы Калуннборга

Актор	Индекс акторного разнообразия относительно структуры производства	Индекс акторного разнообразия относительно структуры использования
DongEnergy	4,1471	0,8851
Муниципалитет	0,1496	0,0000
Очистные сооружения	0,0000	0,7006
Компания Novo Nordisk	2,7006	0,4829
Свиноводческая ферма	0,0000	1,0000
Фермы (1)	0,0000	1,0000
Рыбная ферма	0,0000	1,0000
Производство цемента	0,0000	0,6667
Производства никеля	0,0000	0,3333
Компания ARGO	1,0000	0,0000
Компания Gyproc	0,0000	2,1176
Компания Ørsted	0,0000	1,0000
Компания Statoil	2,0027	1,4805
Компания Inbicon	1,0000	1,3333
Фермы (2)	1,0000	0,0000

Источник: рассчитано автором

Индекс акторного разнообразия промышленной экосистемы Калуннборга колеблется от 0 до 4,1471 и от 0 до 2,1176 в структурах производства и использования отходов соответственно.

Выводы по главе 5

В результате разработки рекомендаций по совершенствованию управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций сделан вывод, что термин «управление» должен быть заменен на термин «оркестрация». Процесс *оркестрации экосистемы* определен как набор действий ведущего актора лишь по обеспечению институциональной стабильности, соблюдению экосистемных правил всеми акторами. Представлена концептуальная модель механизма управления переходом к устойчивому состоянию промышленной экосистемы на основе экзогенных и эндогенных инициатив, и на ее основе сформирован сам механизм оркестрации устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций, представляющий собой систему экзогенных и эндогенных инициатив субъекта (внутреннего оркестратора, фасилитатора из числа акторов экосистемы или сторонней организации) по обеспечению управленческой, ресурсной поддержки и оркестрации динамики процесса перехода промышленной экосистемы из исходного к устойчивому состоянию с учетом вызовов технологических трансформаций на основе трех компонентов устойчивости, и четырех составляющих экосистемы, набора соответствующих функций, методов и инструментария с целью достижения комплекса долгосрочных ESG-результатов.

Рассмотрены 13 подсистем механизма оркестрации устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций: подсистема вызовов внешней среды, ресурсная подсистема, целевая подсистема, субъектная подсистема управления, процесс управленческой поддержки развития промышленной экосистемы на основе трех компонентов устойчивости, процесс управленческой поддержки развития промышленной экосистемы на основе четырех составляющих экосистемы, подсистема управленческих инициатив по

переходу промышленной экосистемы в устойчивое состояние, подсистема функций управления, подсистема методов оркестрации, подсистема подходов к управлению, подсистема инструментов управления, объектная подсистема управления, подсистема результатов управления.

В целях трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние разработан двухэтапный алгоритм, основанный на оценке готовности экосистемы и трансформации экосистемы в устойчивое состояние. Для оценки готовности рекомендовано использовать разработанный в Калуннборге скрининговый инструмент измерения уровня готовности к симбиозу (SRL), основанный на анкетировании, позволяющий определить как потенциал трансформации компании в устойчивое состояние, так и ее мотивацию и готовность вступить в промышленную экосистему. SRL определяет степень зрелости компании по девятиуровневой шкале: от хорошей идеи до полностью реализованного промышленного симбиоза как части устойчивой сети. После оценки готовности к переходу рекомендовано перейти к этапу непосредственной трансформации на основе механизма оркестрации устойчивого развития. При этом оркестрация осуществляется на основе трех последовательно-параллельных процессов: стандартизация, возвращение, управление взаимодействиями и коммуникациями. Результат оркестрации устойчивого развития промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций может привести к различным локальным выгодам и конкурентным преимуществам, например, к дифференциации и лидерству по затратам.

В результате моделирования функций промышленной экосистемы с позиции экономии ресурсов и рециркуляции отходов сделан вывод, что крайне важную роль в процессе оркестрации перехода, системной трансформации промышленной экосистемы из начального (неустойчивого) в устойчивое состояние играют цепочки промышленного симбиоза, на практике приводящие к снижению воздействия на окружающую среду (сокращения уровня выбросов и объема потребления энергии, воды, сырья) при одновременном расширении экономической деятельности и сокращении производственных затрат, повышении

конкурентоспособности, устойчивости и жизнеспособности компаний на рынках. В качестве примера реализации промышленного симбиоза рассмотрена замена первичного сырья на отходы от производства других компаний и взаимовыгодные межфирменные отношения (мутуализм, мутуализация) по поводу распределения материальных и энергетических потоков. Эмпирически показано, что промышленная экосистема в целях достижения симбиоза должна включать не менее трех различных акторов, которые обмениваются не менее чем двумя видами ресурсов, ранее не вовлеченных в процессы рециркуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования, посвященного управлению устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций, были сделаны следующие выводы:

1. В результате формирования базиса теории экосистем в условиях внедрения цифровых технологий экосистемный подход признан в качестве одного из важных инструментов для усиления устойчивого развития, а экосистемы рассмотрены как модели с наивысшей производственной эффективностью даже по сравнению с сетями. Представлена *эволюция* экосистем через следующие этапы: социальный институт (закрытое предприятие) $\Rightarrow$ сеть $\Rightarrow$ платформа (предприятие полужакрытого типа) $\Rightarrow$ экосистема (предприятие открытого типа). Выделены основные *определения* экосистемы, четыре *составляющие* экосистемы (объектная, бизнес-процессная, средовая и инновационная). В качестве *магистральных направлений* исследований экосистемной сущности определены промышленная экология, инновационные экосистемы, бизнес-экосистемы, технологические экосистемы, мультиакторные сети и предпринимательские экосистемы. Сделан вывод, что *отличительной особенностью* современного этапа развития экосистем является значимая роль цифровых технологий, на основе которых формируются цифровые платформы и цифровые экосистемы.

2. В результате формирования концепции устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций развиты особенности устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций. Среди фундаментальных концепций, оказывающих первостепенное влияние на процессы развития экономических систем на современном этапе, выделены: конвергенция и глокализация концепций устойчивого развития, всеобщего устойчивого промышленного развития (ВУПР) и цифрового развития; концепция промышленных экосистем; концепции четвертой (Индустрия 4.0) и пятой (Индустрия 5.0) промышленных революций, порождающих технологические трансформации. Сделан вывод, что пятая

промышленная революция, Индустрия 5.0, ориентирована не только на цифровую трансформацию, а в большей степени на коммуникацию людей и созданных цифровых технологий. В результате сформирована конвергентная концепция устойчивого развития промышленных экосистем в условиях перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0, включающая комплексирование теорий и концепций, связанных отношениями понятий, моделей, а также разного рода предпосылок и оснований.

3. Методология управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций представлена как спектр от преимущественно количественного подхода к преимущественно качественному подходу, представляя собой мультиметодное, междисциплинарное исследование на основе континуума методологических подходов, закономерностей и принципов.

Разработанная архитектура методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем основана на содержательно-функциональной концепции методологического анализа научного знания и включает шесть уровней: гносеологический, парадигмальный (мировоззренческий), метауровень (онтологический), научно-содержательный (семантический), технологический и научно-методический (прикладной) уровни. Разработана таксономия общенаучных методологических подходов, включающая диалектический, критический (оценочный), исторический, политический, системный, синергетический, экосистемный, кибернетический, ценностный, метасистемный, междисциплинарный, кибер-социо-техно-когнитивный, технологический, ценологический и методический подходы. В основу методологии управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций положены общенаучные принципы комплексности, многопричинности, системности, историзма и др. По результатам системного исследования 8 принципов устойчивого развития, 11 принципов экосистемного подхода, 3 ESG-принципов, 3 принципов ВУПР, 4 принципов промышленных экосистем, 8 принципов промышленного симбиоза и 7 принципов циркулярности сформирована авторская таксономия 36 *принципов* управления устойчивым

развитием промышленных экосистем, отражающих вызовы технологических трансформаций. Выделенные принципы систематизированы по шести укрупненным группам, после чего соотнесены с пятью методологическими закономерностями.

4. Разработанная методика оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций построена на комбинировании трех методов: метода нечетких множеств, метода упорядочивания предпочтений по сходству с идеальным решением, метода ранг-суммирования, и включает 9 этапов. Суть методики сводится к предположению о том, что уровень устойчивости промышленных экосистем можно оценить через оценку стабильности, выраженную через показатель неустойчивости, обратный показателю устойчивости; жизнестойкости промышленной экосистемы, выраженной через показатель надежности; экосистемности, выраженной через когерентность промышленной экосистемы. В результате сформирована система показателей оценки устойчивости промышленных экосистем, включающая 13 показателей.

Методика оценки устойчивости промышленной экосистемы в условиях технологических и экономических флуктуаций апробирована на трех промышленных зонах – Воронежской, Липецкой и Белгородской областей – включающих 11 объектов оценки: Масловский индустриальный парк, ОЭЗ ППТ Центр, Индустриальный парк Перспектива, Индустриальный парк Рождество, Индустриальный парк Созидатель, ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Грязинская», ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Елецкая», Индустриальный парк Волоконовский, Индустриальный парк Комбинат, Индустриальный парк Северный, Индустриальный парк Фабрика. В результате определен объект с наибольшей устойчивостью (идеальное решение) – Индустриальный парк Перспектива, и с наименьшей устойчивостью (наихудшее решение) – ОЭЗ ППТ Липецк площадка «Елецкая». Все объекты распределены по уровню устойчивости на три группы: высокая, средняя, низкая устойчивость.

5. Представлена концептуальная модель механизма управления переходом к устойчивому состоянию промышленной экосистемы на основе экзогенных и

эндогенных инициатив, и на ее основе сформирован сам механизм оркестрации устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций, представляющий собой систему экзогенных и эндогенных инициатив субъекта (внутреннего оркестратора, фасилитатора из числа акторов экосистемы или сторонней организации) по обеспечению управленческой, ресурсной поддержки и оркестрации динамики процесса перехода промышленной экосистемы из исходного к устойчивому состоянию с учетом вызовов технологических трансформаций на основе трех компонентов устойчивости, и четырех составляющих экосистемы, набора соответствующих функций, методов и инструментария с целью достижения комплекса долгосрочных ESG-результатов.

Рассмотрены 13 подсистем механизма оркестрации устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций: подсистема вызовов внешней среды, ресурсная подсистема, целевая подсистема, субъектная подсистема управления, процесс управленческой поддержки развития промышленной экосистемы на основе трех компонентов устойчивости, процесс управленческой поддержки развития промышленной экосистемы на основе четырех составляющих экосистемы, подсистема управленческих инициатив по переходу промышленной экосистемы в устойчивое состояние, подсистема функций управления, подсистема методов оркестрации, подсистема подходов к управлению, подсистема инструментов управления, объектная подсистема управления, подсистема результатов управления.

6. В целях трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние разработан двухэтапный алгоритм, основанный на оценке готовности экосистемы и трансформации экосистемы в устойчивое состояние. Для оценки готовности рекомендовано использовать разработанный в Калуннборге скрининговый инструмент измерения уровня готовности к симбиозу (SRL), основанный на анкетировании, позволяющий определить как потенциал трансформации компании в устойчивое состояние, так и ее мотивацию и готовность вступить в промышленную экосистему. SRL определяет степень зрелости компании по девятиуровневой шкале: от хорошей идеи до полностью

реализованного промышленного симбиоза как части устойчивой сети. После оценки готовности к переходу рекомендовано перейти к этапу непосредственной трансформации на основе механизма оркестрации устойчивого развития. При этом оркестрация осуществляется на основе трех последовательно-параллельных процессов: стандартизация, возвращение, управление взаимодействиями и коммуникациями. Результат оркестрации устойчивого развития промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций может привести к различным локальным выгодам и конкурентным преимуществам, например, к дифференциации и лидерству по затратам.

7. В результате моделирования функций промышленной экосистемы с позиции экономии ресурсов и рециркуляции отходов сделан вывод, что крайне важную роль в процессе оркестрации перехода, системной трансформации промышленной экосистемы из начального (неустойчивого) в устойчивое состояние играют цепочки промышленного симбиоза, на практике приводящие к снижению воздействия на окружающую среду (сокращения уровня выбросов и объема потребления энергии, воды, сырья) при одновременном расширении экономической деятельности и сокращении производственных затрат, повышении конкурентоспособности, устойчивости и жизнеспособности компаний на рынках. В качестве примера реализации промышленного симбиоза рассмотрена замена первичного сырья на отходы от производства других компаний и взаимовыгодные межфирменные отношения (мутуализм, мутуализация) по поводу распределения материальных и энергетических потоков. Эмпирически показано, что промышленная экосистема в целях достижения симбиоза должна включать не менее трех различных акторов, которые обмениваются не менее чем двумя видами ресурсов, ранее не вовлеченных в процессы рециркуляции.

В качестве перспективных направлений дальнейших исследований можно выделить следующие: теоретическое обоснование методологии управления промышленными экосистемами на основе сетевого платформенного взаимодействия; дополнение предложенного инструментария возможностью создания интеллектуальных киберсоциальных экосистем Индустрии 5.0.

Актор – компартмент экосистемы; лицо или организация, выполняющие одну или несколько ролей в экосистеме. Например, организация, участвующая в промышленной экосистеме как поставщик услуг или как пользователь.

Антропоцен – текущий, следующий за голоценом геохронологический уклад, активно рассматриваемый и анализируемый программой развития ООН в отчетах о человеческом развитии в 2020 и 2021-2022 годах.

Архитектура методологии управления устойчивым развитием промышленной экосистемы – основные понятия или свойства промышленной экосистемы в окружающей среде, воплощенные в ее элементах, отношениях и конкретных принципах ее проектирования и развития.

Бизнес-экосистемы – свободные сети поставщиков, дистрибьюторов, аутсорсинговых фирм, производителей сопутствующих товаров или услуг, технологий, провайдеров и множества других организаций, которые влияют на компанию и находятся под ее влиянием путем создания и доставки собственных предложений.

Биономика – наука, рассматривающая экономику как экосистему.

Брундтланд Г.Х. – премьер-министр Норвегии, доклад «Наше общее будущее» под руководством которой в 1987 году впервые представил истинный смысл концепции устойчивого развития. Данный доклад в дальнейшем получил неформальное название «Доклад Брундтланд».

Великое ускорение, период большого (великого) ускорения (англ. Great Acceleration) – резкий, непрерывный и примерно одновременный скачок темпов роста по широкому спектру показателей человеческой деятельности.

Всеохватывающее (всеобщее, инклюзивное) и устойчивое промышленное развитие (ВУИП) (англ.: Inclusive and Sustainable Industrial Development, ISID) – использование полного потенциала вклада промышленности для долгосрочного и устойчивого развития.

Глокализация – сосуществование разнонаправленных тенденций.

Гомеостаз – саморегуляция.

Жизнестойкость – величина возмущения, которое может быть поглощено до того, как [эко]система изменит свою структуру путем изменения переменных и процессов, управляющих поведением. Жизнестойкость можно рассматривать как скорость, с которой [эко]система возвращается к равновесию после возмущения.

Закон Мура гласит, что скорость возрастания производительности транзисторов заключается в двукратном приросте каждые 24 месяца.

Закономерность Дж. Хуанга гласит, что скорость возрастания производительности транзисторов увеличилась, и в настоящее время заключается в двукратном приросте каждые 12 месяцев, то есть ежегодно.

Индустрия 4.0, или четвертая промышленная революция – использование цифровых технологий в производственном процессе для производства товаров более высокого качества при снижении затрат.

Индустрия 5.0 – следующий после Индустрии 4.0 этап научно-технологического развития, ориентированный не только на цифровую трансформацию, а в большей степени на коммуникацию людей и созданных цифровых технологий.

Инновационные экосистемы – механизмы сотрудничества, с помощью которых фирмы объединяют свои индивидуальные предложения в некоторое связанное и ориентированное на клиента.

Кибер-социо-техно-когнитивный подход формирует инструментарий, который может быть использован при создании экосистемы. Четыре проекции (кибернетическая, социальная, технологическая и когнитивная) связаны с потоками данных, информации и знаний.

Киберфизические экосистемы (CPES, Cyber Physical Ecosystems) – экосистемы нового уровня, эволюционирующие на принципах устойчивого развития в условиях перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0, с высоким уровнем конвергенции социоэкосистем (socio-ecosystems, SES) и технологических экосистем.

Когерентность – скоррелированность.

Конвергенция – сближение.

Концепция устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций – определенный набор теорий или моделей мышления, включая концепции, методы исследования, постулаты и стандарты, определяющие, что является законным вкладом в область устойчивого развития промышленных экосистем.

Коэволюция – совместная эволюция.

Мастеринтеллект (Mastermind) – актер экосистемы, который является инициатором или несет основную ответственность за реализацию конкретной идеи, проекта как интеллектуального лидера, задающего темп экосистемному развитию.

Метасистема – структура, обеспечивающая координацию и интеграцию множества систем, объединенных для достижения всеобъемлющих задач и функций, выходящих за рамки задач и функций составляющих систем.

Метаэкосистема – совокупность экосистем, связанных пространственными потоками энергии и материалов через границы экосистем. В биологии метаэкосистема по ряду характеристик подобна ландшафту.

Методология управления устойчивым развитием промышленных экосистем – архитектура, состоящая из шести уровней: гносеологического, парадигмального (мировоззренческого), метауровня (онтологического), научно-содержательного (семантического), технологического и научно-методического уровня.

Механизм оркестрации устойчивого развития промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций – система экзогенных и эндогенных инициатив субъекта (внутреннего оркестратора, фасилитатора из числа акторов экосистемы или сторонней организации) по обеспечению управленческой, ресурсной поддержки и оркестрации динамики процесса перехода промышленной экосистемы из исходного к устойчивому состоянию с учетом вызовов технологических трансформаций на основе трех компонентов устойчивости, и четырех составляющих экосистемы, набора соответствующих функций, методов и

инструментария с целью достижения комплекса долгосрочных ESG-результатов.

Модель 6R – репроизводство, редизайн, рекуперация, рециркуляция, утилизация, сокращение отходов.

Модуляризация – основной драйвер технологических трансформаций; процесс, позволяющий каждой последующей отрасли использовать все технологические прорывы предыдущих отраслей путем включения их достижений в качестве модулей в свою собственную.

Мультиметодология – мультиметодное, междисциплинарное исследование на основе континуума нескольких методологических подходов.

Мурмурация – скоординированный полет больших птичих стай; метафора коллективного управления.

Мутуализм (мутуализация) – одна из форм симбиоза в биологии, наряду с паразитизмом и комменсализмом.

Мэтчмейкер (Matchmakers) – сетевого оркестратора экосистемы.

Оркестрация экосистемы – набор преднамеренных, целенаправленных действий ведущей фирмы (оркестратора) по обеспечению институциональной стабильности, соблюдению экосистемных правил всеми акторами.

Парадигма – устойчивая связная совокупность научных взглядов, позволяющая ученым как минимум двух поколений ставить проблемы, планировать и проводить исследования для их решения.

Пейсмейкер (Pacemaker), или *нейссеттер (Pacesetter)* – актор экосистемы, который является наиболее прогрессивным или успешным и служит образцом для подражания, который задает темп, как в гонках.

Постнормальность – новая нормальность, заставляющая кардинально меняться все экономические системы – от глобальных торговых сетей и информации до личных связей; создает предпосылки и обосновывает магистральные направления развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.

Предпринимательская экосистема – благоприятная поддерживающая самоорганизующаяся среда, предоставляющая ресурсы, необходимые для создания

и роста инновационно-технологических компаний, а также отличающаяся отлаженными, гармоничными отношениями между участниками.

Промышленная экосистема – эмерджентная модель промышленной деятельности, на основе которой функционирует локализованная сложная эволюционирующая когерентная сеть множественных акторов, не управляемых иерархически, действующих одновременно в логике автономности и взаимосвязанности, самоорганизации и гомеостаза, отличающихся своими убеждениями и принципами принятия решений, целью которых является достижение устойчивого развития и создание дополнительных ценностей для каждого актора текущего и будущего поколений на основе принципов промышленного симбиоза (мутуализации) и рециркуляции.

Промышленный симбиоз – подход, объединяющий несколько акторов (экономических систем, организаций или предприятий) на основе физического обмена материалами, энергией и отходами производства, создающий экономические преимущества для акторов и экологические выгоды для общества. В общем смысле промышленный симбиоз можно рассматривать как подход в циркулярной экономике в рамках более общей концепции промышленной экологии.

Ресурсная безопасность промышленной системы – трихотомия «устойчивость (робастность) – жизнестойкость (надежность) – стабильность (уязвимость)».

Римский клуб – международная общественная организация (аналитический центр), созданная в 1968 году, объединяющая представителей мировой политической, финансовой, культурной и научной элиты. Организация внесла значительный вклад в изучение перспектив развития биосферы и пропаганду идеи гармонизации отношений человека и природы. Римский клуб положил начало исследовательским работам по проблемам, названным «Глобальной проблематикой».

Робастность – свойство системы сохранять качество функционирования при изменении ее параметров или структуры в пределах, предъявляемых к ней

требований.

Синэкология – экология сообществ.

Система систем – система, разработанная путем объединения существующих систем.

Солидарология – направление, в котором солидарность выступает как форма выражения экосистемного сотрудничества, коэволюции, коллаборации акторов.

Теория 3C: Complexity – сложность, Chaos – хаос, Contradictions – противоречия.

Технологическая парадигма – процесс, который переходит от состояния порядка к состоянию беспорядка, а степень упорядоченности может быть измерена технологической энтропией.

Технологическая экосистема – система взаимосвязанных технологий и взаимозависимых технологических достижений, влияющих на эволюцию.

Техноцентричный подход к развитию – подход, основанный на экономическом росте, противоположном экологической устойчивости и человеческому развитию.

Трансформация – кардинальное изменение траектории зарождения, роста и зрелости технологии. Трансформационные изменения по своей сути являются не постепенными, а преобразовательными.

Тройное дно – предвестник ESG-факторов (Environmental – экологических, Social – социальных и Corporate Governance – корпоративных, экономических).

Управление устойчивым развитием промышленной экосистемы в условиях технологических трансформаций – целенаправленная деятельность оркестратора (актора экосистемы, специализированной организации, выполняющей роль посредника между сотрудничающими компаниями) по созданию местного устойчивого партнерства на основе сотрудничества в рамках симбиотического обмена в единой сети, в результате чего достигается бОльшая устойчивость к внешним и внутренним изменениям, когда акторы промышленной экосистемы становятся сильнее вместе, чем каждый из них по отдельности.

Уровни промышленной экосистемы: 1) гигауровень: галактическая

промышленная экосистема (возможна в будущем в результате освоения космоса); 2) мегауровень: глобальные, трансграничные, межнациональные (международные) промышленные экосистемы; 3) макроуровень: национальные промышленные экосистемы; 4) мезоуровень: региональные промышленные экосистемы; 5) микроуровень: внутренние экосистемы; 6) наноуровень: отдельный актор (компаратмент) промышленной экосистемы.

Устойчивое развитие по Брундтланд – развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности; удовлетворение потребностей всех людей с помощью ресурсов, имеющихся на планете.

Устойчивость на методологическом уровне отражает основные идеи справедливости между поколениями, когда благосостояние человека зависит от природного капитала и услуг. *Устойчивость* обозначает способность промышленной экосистемы справляться с внешними вызовами в результате экологических, социальных и управленческих изменений (влияния ESG-факторов).

Уязвимость – есть условная вероятность потери устойчивости промышленной экосистемой под влиянием возмущающего воздействия. *Уязвимость* – восприимчивость экосистемы к воздействию различных возмущающих событий, например, угроз, больших вызовов, катастроф и т.д.

Фасилитатор – актор (индивид, компания, специализированная организация), содействующий успешной экосистемной коммуникации.

Цели развития Декларации тысячелетия ООН (ЦРДТ): ЦРДТ 1. Ликвидировать абсолютную бедность и голод. ЦРДТ 2. Обеспечить всеобщее начальное образование. ЦРДТ 3. Содействовать равноправию полов и расширению прав женщин. ЦРДТ 4. Сократить детскую смертность. ЦРДТ 5. Улучшить охрану материнского здоровья. ЦРДТ 6. Бороться с ВИЧ/СПИДом, малярией и прочими заболеваниями. ЦРДТ 7. Обеспечить экологическую устойчивость. ЦРДТ 8. Сформировать всемирное партнерство в целях развития.

Цели управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций: 1) повышение интеграционного

потенциала (потенциала взаимодействия); 2) повышение идиосинкразической и ковариативной устойчивости и конкурентоспособности в долгосрочной перспективе; 3) обеспечение роста финансовых и операционных показателей акторов; 4) улучшение качества жизни текущего и будущего поколений.

Цели устойчивого развития (ЦУР): ЦУР 1. Ликвидация нищеты. ЦУР 2. Ликвидация голода. ЦУР 3. Хорошее здоровье и благополучие. ЦУР 4. Качественное образование. ЦУР 5. Гендерное равенство. ЦУР 6. Чистая вода и санитария. ЦУР 7. Недорогостоящая и чистая энергия. ЦУР 8. Достойная работа и экономический рост. ЦУР 9. Индустриализация, инновации и инфраструктура. ЦУР 10. Уменьшение неравенства. ЦУР 11. Устойчивые города и населенные пункты. ЦУР 12. Ответственное потребление и производство. ЦУР 13. Борьба с изменениями климата. ЦУР 14. Сохранение морских экосистем. ЦУР 15. Сохранение экосистем суши. ЦУР 16. Мир, правосудие и эффективные институты. ЦУР 17. Партнерство в интересах устойчивого развития.

Ценностный подход – подход, в рамках которого акторы экосистемы заинтересованы не в простом извлечении прибыли, а в создании общественно-значимых, полезных и безопасных ценностей.

Циркулярная экономика – экономическая система, основанная на бизнес-моделях, которые заменяют концепцию «конца жизни» сокращением, альтернативным повторным использованием, переработкой и восстановлением материалов в процессах производства/распределения и потребления.

Цифровая трансформация – трансформация системы управления путём пересмотра стратегии, моделей, операций, продуктов, маркетингового подхода и целей, обеспечиваемая принятием цифровых технологий.

Цифровая экосистема состоит не только в создании новых цифровых сервисов и обеспечении мультиканального доступа к ним, но и в создании на основе единой платформы с другими компаниями совместных продуктов и сервисов, которые несут дополнительную ценность для клиента.

Цифровизация – процесс организации выполнения в цифровой среде функций и деятельности (бизнес-процессов), ранее выполнявшихся людьми и

организациями без использования цифровых продуктов.

Цифровое развитие – последовательно-параллельная реализация двух этапов – и цифровизации, и цифровой трансформации, но на более высоком уровне.

Цифровые кластеры – кластеры с отдельной моделью управления, которые могут быть встроены в промышленные экосистемы.

Эко-индустриальный парк – сети взаимодействующих компаний, которые функционируют как экосистема через рекуперацию ресурсов и отходов производства путем формирования симбиотических связей для улучшения экологических показателей и содействия региональному экономическому развитию.

Экономика созидания – философская над-сущность в экономической деятельности, выражающаяся в форме синергии, которая при правильном социальном целеполагании называется созиданием, выраженная в едином образе будущего.

Экоотроника – раздел социальных наук о динамике развития экономических институтов взаимодействия между акторами и обществом посредством цифровых технологий.

Экосистема в биологии – функциональное единство живых организмов и среды их обитания.

Экосистема в экономике – сложная эволюционирующая когерентная мультиакторная сеть субъектов, не управляемых иерархически, действующих одновременно в логике автономности и взаимосвязанности, отличающихся своими убеждениями и принципами принятия стратегических решений, целью которых является создание на основе ценностного подхода и самоорганизации совокупности продуктов и услуг.

Экоэффективность (экологическая эффективность) – производство того же количества продукции, что и раньше, но с меньшим использованием ресурсов и энергии и/или с меньшим количеством отходов и выбросов.

Энтропия – мера степени хаоса в системе.

BANI – акроним от англ.: Brittle, Anxious, Nonlinear, Incomprehensible;

хрупкий, тревожный, нелинейный, непонятный.

ESG-эффекты управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций: 1) *экологические эффекты* в виде сокращения добычи первичных ресурсов, образования отходов, выбросов CO₂ и других парниковых газов, выбросов от транспорта; 2) *социальные эффекты*: создание рабочих мест на местах, выгода для местных организаций от увеличения клиентской базы, привлечение талантов; 3) *экономические эффекты*: снижение затрат на ресурсы, повышение устойчивости к колебаниям цен на ресурсы, снижение затрат на утилизацию отходов, вклад в стратегию устойчивого развития, дополнительный доход от биопродуктов и др.

IaaS – облачная инфраструктура как услуга.

PaaS – облачная платформа как услуга.

SaaS – облачное программное обеспечение как услуга.

TUNA – акроним от англ.: Turbulence – турбулентный, Uncertainty – неопределенный, Novelty – новый, Ambiguity – неоднозначный.

VUCA – акроним от англ.: Volatility, Uncertainty, Complexity и Ambiguity; русс.: волатильный, неопределенный, сложный и неоднозначный.

- 1 12 принципов экосистемного подхода и их обоснование. Решение конференции сторон UNEP/CBD/COP/7/21. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-07-dec-11-ru.pdf>.
- 2 2nd IFSA Winter Conference on Automation, Robotics & Communications for Industry 4.0 (ARSI' 2022) 2 – 3 February 2022. Conference Programme. Message from Chairman.
- 3 Аганбегян А. Г. К устойчивому социально-экономическому росту //Научные труды Вольного экономического общества России. – 2021. – Т. 230. – №. 4. – С. 133-155.
- 4 Алабаева Н. С. и др. Развитие эко-индустриальных парков в России и за рубежом //Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – №. 6-1. – С. 19-23.
- 5 Алексеев М. А., Фрейдина Е. В. Методологические основы развития теории робастного управления экономическими системами //Вестник НГУЭУ. – 2017. – №. 2. – С. 19-39.
- 6 Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. Публикации. <https://ac.gov.ru/publications/topics>.
- 7 Анимица Е. Г. Теоретико-методологические основы исследования региональной регуляторной среды в условиях новой реальности.
- 8 Анисимов Ю. П. и др. Управление устойчивым развитием предприятия на основе инноваций и интрапренерства. – 2006.
- 9 Анисимов Ю. П., Потехин И. А. Особенности организации устойчивого развития производства //Организатор производства. – 2012. – Т. 52. – №. 1. – С. 22-25.
- 10 Аузан А.А. и др. (ред.). Инновационное развитие экономики России: междисциплинарное взаимодействие. Сборник статей по материалам Седьмой международной научной конференции. – Litres, 2021.
- 11 Arakcheev D., Dudareva O., Shkarupeta E. Sustainable development of

industrial ecosystems. Proceedings of the II International conference Digital economy: modern challenges and real opportunities. Baku: UNEC, Publishing house «UNEC». 2022. С. 400-403.

12 Бабкин А. В. и др. Устойчивое развитие инновационно-активных промышленных предприятий и кластеров на основе экологизации. – 2021.

13 Бабкин А. В., Федоров А. А., Либерман И. В., Ключек П. М. Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие // Экономика промышленности. – 2021. – Т. 14. – №. 4. – С. 375-395.

14 Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. Интеллектуальная киберсоциальная экосистема индустрии 5.0: понятие, сущность, модель // Экономическое возрождение России. 2021. № 4 (70). С. 39-62.

15 Багдасарян А. и др. Системы радиочастотной идентификации. Методология формирования и выбора вариантов // Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2014. – №. 1. – С. 184-188.

16 Бадина С. В. Моделирование поля плотности социально-экономического потенциала в целях оценки уязвимости территории к природным опасностям на примере Арктической зоны России, Северного Кавказа и Южной Сибири // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2018. – Т. 24. – №. 1. – С. 212-221.

17 Байбородова Л. В., Чернявская А. П. Методология и методы научного исследования. – 2019.

18 Балтийский промышленный симбиоз как концепция устойчивого развития в регионе Балтийского моря. <https://tyreman.ru/bis>.

19 Баранов И.Н., Баснер А.В., Гривен М. и др. Как бизнес пришел к экосистемам. Виртуальная школа Сбербанка. URL: <https://cs.sberbank-school.ru/storage/85/5f/c35a-6cea-11ea-a7dd-005056011b68/e6dzdrJhhbb2bsc8OOMx3w1INEZtywPhNF100sRF/>.

20 Барахнин В. Б., Нехаева В. А., Федотов А. М. О задании меры сходства для кластеризации текстовых документов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2008. – Т. 6. – №. 1. – С. 3-9.

- 21 Баркалова Е.М., Дударева О.В. Особенности системы бизнес-планирования на предприятии / В сборнике: Теория и методы развития экономики, организации производства и управления в условиях модернизации. Материалы внутривузовской научно-практической конференции. 2014. С. 62-64.
- 22 Барлыбаев Х. А. Солидарология. Философия солидарности. – 2016.
- 23 Берталанфи Л. Общая теория систем: критический обзор. – 1969.
- 24 Бобылев С. Н. Устойчивое развитие: новое видение будущего? //Вопросы политической экономии. – 2020. – №. 1. – С. 67-83.
- 25 Бобылев С. Н. Устойчивое развитие: новое видение будущего? //Вопросы политической экономии. – 2020. – №. 1. – С. 67-83.
- 26 Бобылев С. Н. Устойчивое развитие: парадигма для будущего //Мировая экономика и международные отношения. – 2017. – Т. 61. – №. 3. – С. 107-113.
- 27 Бобылев С. Н., Перелет Р. А. Экосистемный подход и его экономические механизмы //Настоящее и будущее Ближнего Севера: экономика, экология, сообщества. – 2011. – С. 33-52.
- 28 Богданов И. П. Картографирование наукометрической и библиометрической информации как инструмент оценки трендов научно-технического развития //Препринты Института прикладной математики им. МВ Келдыша РАН. – 2018. – №. 0. – С. 58-24.
- 29 В чем разница между CPU и GPU? <https://tproger.ru/articles/cpu-and-gpu/#part2>.
- 30 Васильев А. В. Устойчивое развитие как концепт и социальная практика в современной России //MODERN SCIENCE. – 2022. – №. 1-1. – С. 326-328.
- 31 Ведомственный проект «ЦИФРОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ». <https://digital.gov.ru/uploaded/files/vedomstvennyij-proekt-tsifrovaya-promyishlennost.pdf>.
- 32 Возможная сфера охвата и методология доклада об устойчивом развитии в мире. Доклад генерального секретаря. ООН. Экономический и Социальный Совет. 12 июля 2014 года. https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=E/2014/87&Lang=R.

33 Волков Г. Ю. Перспективы восстановления мировой экономики в постпандемийный период в рамках разноточных сценариев //Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. – 2020. – №. 3.

34 Волкова Е. С., Невидимова О. Г. Устойчивость в природе и обществе: системно-синергетический подход //Вестник Томского государственного университета. – 2008. – №. 317. – С. 258-263.

35 Волкова С.А., Гунина И.А., Дударева О.В., Елфимова И.Ф., Енина Е.П., Красникова А.В., Кривякин К.С., Логунова И.В., Пестов В.Ю., Рыбкина О.В., Стрижанов И.А., Хвостикова В.А., Шотыло Д.М. Обеспечение экономической безопасности на режимных объектах коллективная монография / Воронеж, 2019.

36 Ворожейкин В. Н. Анализ уязвимости промышленного предприятия при производстве изделий //Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2014. – №. 1 (41).

37 Всеобщее устойчивое промышленное развитие. Достижение общественного благосостояния. Защита окружающей среды. ЮНИДО. http://www.unido.ru/upload/files/i/isid_brochure_ru.pdf.

38 Гамидуллаева Л. А., Толстых Т. О., 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. – С. 29-48.

39 Гарафова Д. И. Новеллы Парижского соглашения по климату 2015 г.: анализ механизмов осуществления //Электронное приложение к Российскому юридическому журналу. – 2018. – №. 3. – С. 24-32.

40 Гасумянова А. В. Правовой режим предпринимательства в особых экономических зонах: понятие и отличительные признаки //Известия Российского государственного педагогического университета им. АИ Герцена. – 2008. – №. 61. – С. 73-81.

41 Геоинформационная система. Индустриальные парки, технопарки, кластеры. ГИСП. <https://gisip.gov.ru/gisip/>.

42 Герасимов И. Г. Принцип Онзагера и функция Ляпунова применительно

к описанию энтропии биологических систем в представлении Пригожина //Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – Т. 14. – №. 1.

43 Герчикова И.Н. Менеджмент: изд.4-е, дополненное – М.: Юнити-Дана, 2010.

44 Гизатуллин Х. Н., Троицкий В. А. Концепция устойчивого развития: новая социально-экономическая парадигма //Общественные науки и современность. – 1998. – №. 5. – С. 124-130.

45 ГК «Цифра». <https://www.zyfra.com/ru/>.

46 Глобальный доклад об устойчивом развитии 2016. Обеспечение выгоды от развития для всех и каждого. ООН. 2016. <https://sustainabledevelopment.un.org/globaldreport/2016>.

47 Глобальный доклад об устойчивом развитии 2019. Будущее уже наступило: наука на службе устойчивого развития. ООН. 2019. <https://sustainabledevelopment.un.org/globaldreport/2019>.

48 Глобальный доклад об устойчивом развитии. <https://sdgs.un.org/ru/gedr>.

49 Глоссарий Европейского открытого научного облака (EOSC). <https://eosc-portal.eu/glossary>.

50 Глухов В. В. и др. Методология формирования и развития промышленных и инновационно-активных кластеров //Устойчивое развитие цифровой экономики и кластерных структур: теория и практика. – 2020. – С. 599-622.

51 Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. Стратегическое управление промышленными экосистемами на основе платформенной концепции // Экономика и управление. 2021. Т. 27. № 10 (192). С. 751-765.

52 Глушко И. В. и др. Понятийная дихотомия «доверие-недоверие» в контексте мультиметодологии //Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2012. – №. 6-2. – С. 53-56.

53 Голиченко О. Г. Пути совершенствования подходов новой

эволюционной теории инновационного развития //Друkerовский вестник. – 2020. – №. 4. – С. 27-45.

54 Голов Р. С., Мыльник В. В., Паламарчук А. Г. " Индустрия 5.0" как основа развития высокотехнологичной промышленности //Экономика и управление в машиностроении. – 2018. – №. 6. – С. 8-11.

55 ГОСТ Р 57100-2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011. НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Системная и программная инженерия. ОПИСАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ. Systems and software engineering. Architecture description. Дата введения 2017-09-01. <https://docs.cntd.ru/document/1200139542>.

56 Гречихин А. А. Общая библиография //М.: МГУП. – 2000.

57 Гузикова Л. А. Критика концепции устойчивого развития. – 2019.

58 Гумерова Г. И., Шаймиева Э. Ш. К вопросу о концепции жизненного цикла технологии //Инновации. – 2008. – №. 8.

59 Гунина И.А., Дударева О.В., Савич Ю.А. Оценка экономических угроз на режимных объектах. Курск, 2019.

60 Гунина И.А., Савич Ю.А., Дударева О.В. Оценка экономических угроз на предприятиях. Практикум: учебное пособие. Курск, 2021.

61 Давиденко Л. М., Беспалый С. В., Бекниязова Д. С. Ресурсная парадигма построения промышленной экосистемы цифрового формата //Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2019. – №. 1 (80). – С. 58-68.

62 Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Экологический вызов и устойчивое развитие. – Прогресс-традиция, 2000.

63 Данные компании NVIDIA. Время вычислений на GPU пришло. <https://www.nvidia.com/ru-ru/about-nvidia/ai-computing/>.

64 Дегтерева Л. Б. Фасилитатор: кто это? //Научно-методический журнал Поиск. – 2021. – №. 1. – С. 40-41.

65 Декларация Конференции ООН по проблемам окружающей человека среды. Принята Конференцией ООН по проблемам окружающей человека среды, Стокгольм, 1972 год.

https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/declarathenv.shtml.

66 Декларация тысячелетия ООН. Принята резолюцией 55/2 Генеральной Ассамблеи от 8 сентября 2000 года.

https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/summitdecl.shtml.

67 Десягин М., Фурсов А., Глазьев С. Стратегия «большого рывка». – Litres, 2022.

68 Добровольный национальный обзор хода осуществления Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. 2020.
<https://www.economy.gov.ru/material/file/dcbc39abeafb0418d9d48c06c958e454/obzor.pdf>.

69 Доклад о мировом развитии – 1999/2000: на пороге 21 века. Всемирный Банк.
<http://documents1.worldbank.org/curated/en/262151468124779817/pdf/192790WDR0RUSSIAN0317533B00PUBLIC0.pdf>.

70 Доклад о мировом развитии 2000/2001 года. Борьба с бедностью. Обзор. Всемирный банк. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2001.pdf>.

71 Доклад о мировом развитии 2002 года. Создание институциональных основ рыночной экономики / Пер. с англ. М.: Издательство «Весь Мир», 2002. – 264 с.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/704061468138870671/pdf/228250RUSSIAN017777101501701PUBLIC1.pdf>.

72 Доклад о мировом развитии 2003 года. Устойчивое развитие в меняющемся мире. Преобразование институтов, рост и качество жизни. / Пер. с англ. М: Издательство «Весь Мир», 2003. – 280 с.
<https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2003.pdf>.

73 Доклад о мировом развитии 2004 года. Как повысить эффективность услуг для бедного населения. Пер. с англ. – М: Издательство «Весь Мир», 2004. – 352 с. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2004.pdf>.

74 Доклад о мировом развитии 2005. Улучшение инвестиционного климата

в интересах всех слоев населения. Обзор. Всемирный банк.
<https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2005.pdf>.

75 Доклад о мировом развитии 2006. Социальная справедливость и развитие. Обзор. Всемирный банк.
<https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2006.pdf>.

76 Доклад о мировом развитии 2007. Проблемы молодого поколения в контексте развития. Обзор. Всемирный банк.
<https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2007.pdf>.

77 Доклад о мировом развитии 2008. Сельское хозяйство на службе развития. Обзор. Всемирный банк.
<https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2008.pdf>.

78 Доклад о мировом развитии 2009. Новый взгляд на экономическую географию. Обзор. Всемирный банк.
<https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2009.pdf>.

79 Доклад о мировом развитии 2010. Развитие и изменение климата. Обзор. Всемирный банк. <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2010.pdf>.

80 Доклад о мировом развитии 2011. Конфликты, безопасность и развитие. Обзор. Всемирный банк.
<https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2011.pdf>.

81 Доклад о мировом развитии 2012. Гендерное равенство и развитие. Обзор. Всемирный банк.
<https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/worlddev2012.pdf>.

82 Доклад о мировом развитии 2015. Мышление, общество и поведение. Обзор. Всемирный банк. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/785251493925191457-0050022017/original/WDR2015OverviewRussian.pdf>.

83 Доклад о мировом развитии 2016. Цифровые дивиденды. Обзор. Всемирный банк.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/224721467988878739/pdf/102724-WDR-WDR2016Overview-RUSSIAN-WebRes-Box-394840B-OUO-9.pdf>.

84 Доклад о мировом развитии 2018. Обучение для реализации

образовательных перспектив. Всемирный банк.
<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28340/211096mmRU.pdf>
 f.

85 Доклад о мировом развитии 2019. Изменение характера труда. Всемирный банк.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/469061544801350816/pdf/WDR-2019-RUSSIAN.pdf>.

86 Доклад о мировом развитии 2020. Торговля как инструмент развития в эпоху глобальных производственно-сбытовых цепей. Всемирный банк.
<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32437/211457ovRU.pdf>.

87 Доклад о мировом развитии 2021. Данные для лучшей жизни. Всемирный банк. <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2021>.

88 Доклад о мировом развитии 2022. Финансы для справедливого восстановления. Всемирный банк.
<https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2022>.

89 Доклад о развитии человека 2003. Цели в области развития, сформулированные в Декларации тысячелетия: Межгосударственный compact об избавлении человечества от нищеты. Программа развития ООН.
<http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2003-summary-russian.pdf>.

90 Доклад о развитии человека 2004: Культурная свобода в современном многообразном мире. Программа развития ООН.
<http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2004-russian-summary.pdf>.

91 Доклад о развитии человека 2005. Международное сотрудничество на перепутье: Помощь, торговля и безопасность в мире неравенства. Программа развития ООН. <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2005-russian-summary.pdf>.

92 Доклад о развитии человека 2006. Что кроется за нехваткой воды: Власть, бедность и глобальный кризис водных ресурсов. Программа развития ООН.
http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2006_russian_summary.pdf.

93 Доклад о развитии человека 2007/8. Борьба с изменениями климата: Человеческая солидарность в разделенном мире. Программа развития ООН.

<http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2007-8-russian-summary.pdf>.

94 Доклад о развитии человека 2009. Преодоление барьеров: Человеческая мобильность и развитие. Программа развития ООН.
<http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2009-russian-summary.pdf>.

95 Доклад о человеческом развитии 2011. Устойчивое развитие и равенство возможностей: Лучшее будущее для всех. Программа развития ООН.
http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2011_ru_summary.pdf.

96 Доклад о человеческом развитии 2013. Возвышение Юга: человеческий прогресс в многообразном мире. Программа развития ООН.
http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2013_ru.pdf.

97 Доклад о человеческом развитии 2014. Обеспечение устойчивого прогресса человечества: Уменьшение уязвимости и формирование жизнестойкости. Программа развития ООН.
http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14_a_full_rus_21-01-15_0.pdf.

98 Доклад о человеческом развитии 2015. Труд по имя человеческого развития. Программа развития ООН.
http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2015_report_ru.pdf.

99 Доклад о человеческом развитии 2016. Человеческое развитие для всех и каждого. Программа развития ООН.
http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/2943/hdr_2016_report_russian_web.pdf.

100 Доклад о человеческом развитии 2018. Индексы и индикаторы человеческого развития. Программа развития ООН.
http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update_ru.pdf.

101 Доклад о человеческом развитии 2019. За рамками уровня доходов и средних показателей сегодняшнего дня: Неравенство в человеческом развитии в XXI веке. Программа развития ООН.
http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2019_ru_0.pdf.

102 Доклад о человеческом развитии 2020. Следующий рубеж: Человеческое развитие и антропоцен. Программа развития ООН.

http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2020_ru.pdf.

103 Доклад о человеческом развитии 2021/22. Human Development Report to explore uncertainty in the Anthropocene. <http://hdr.undp.org/en/content/2021-22-hdr-theme-announcement>.

104 Долгорукова И. А. Критика концепции устойчивого развития // Молодой исследователь: возможности и перспективы. – 2021. – С. 80-84.

105 Домнина И. Н., Маевская Л. И. Трансформация стратегии поддержки малого и среднего бизнеса в регионах России в постпандемийный период // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – №. 5. – С. 31-42.

106 Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Системы распределенного реестра». Москва, 2019.

107 Достовалова А. С. Инновационно-активные кластеры в цифровой экономике // Молодые исследователи-регионам. – 2019. – С. 85-86.

108 Дубовик О. Л., Аверина К. Н. Значение Парижского соглашения для охраны климата: крупномасштабные планы и проблемы с их реализацией // Международное право и международные организации/International Law and International Organizations. – 2018. – №. 4. – С. 18-27.

109 Дударев Д.Н. Организационно-экономический механизм развития производственных систем. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2007.

110 Дударев Д.Н., Дударева О.В. Концептуальные положения цифровой трансформации индустриальных экосистем / В сборнике Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: материалы Международной научно-практической конференции, 15 октября 2021 года, г. Красноярск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – 119 с. – С. 101-103.

111 Дударев Д.Н., Дударева О.В. Организационно-экономический механизм развития производственных систем монография / Д. Н. Дударев, О. В. Дударева ; ГОУ ВПО "Воронежский гос. технический ун-т". Воронеж, 2008.

112 Дударев Д.Н., Дударева О.В., Шкарупета Е.В. Концептуальные положения цифровой трансформации индустриальных экосистем / Proceedings of

the II International conference Digital economy: modern challenges and real opportunities. Baku: UNEC, Publishing house «UNEC». 2022. С. 392-394.

113 Дударева О.В. Антикризисный финансовый менеджмент. Учебное пособие. ГОУ ВПО "Воронежский гос. технический ун-т". Воронеж, 2010.

114 Дударева О.В. Инструментарий управления устойчивым развитием промышленных экосистем // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 3 (24). С. 67-70.

115 Дударева О.В. Когнитивные инструменты цифровой трансформации сложных систем / В сборнике: Общество и экономическая мысль в XXI в.: пути развития и инновации. Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию Юбилею филиала. 2021. С. 393-395.

116 Дударева О.В. Концепция формирования стратегии повышения эффективности инвестиционной деятельности // Экономинфо. 2014. № 22. С. 70-73.

117 Дударева О.В. Методологические аспекты оценки рисков уязвимости промышленных экосистем в целях повышения устойчивости // Организатор производства, №1, 2022.

118 Дударева О.В. Механизм устойчивого роста эффективности деятельности промышленных предприятий // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 9. С. 52-55.

119 Дударева О.В. Механизм устойчивого роста эффективности промышленных предприятий, его основные элементы и принципы формирования // Экономинфо. 2005. № 3. С. 5-10.

120 Дударева О.В. Механизм устойчивого роста эффективности функционирования промышленных предприятий. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2006.

121 Дударева О.В. Модель выбора стратегии повышения эффективности инвестиционной деятельности предприятия // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2014. Т. 10. № 4. С. 126-131.

122 Дударева О.В. Модель процесса формирования системы ключевых

показателей деятельности организаций банковской сферы // Экономика и бизнес: теория и практика. 2016. № 5. С. 64-67.

123 Дударева О.В. Обеспечение устойчивого роста эффективности предприятия в условиях нестабильной внешней среды / В сборнике: Экономика, организация производства и управление на предприятиях. Материалы Внутривузовской научно-практической конференции. Воронеж, 2007. С. 20-21.

124 Дударева О.В. Особенности оценки инвестиционных проектов предприятий машиностроения при предоставлении мер государственной поддержки // Организатор производства. 2015. № 3 (66). С. 89-97.

125 Дударева О.В. Развитие организаций и организационные изменения / В сборнике: Теория и методы развития экономики, организации производства и управления в условиях инновационной экономики. материалы внутривузовской научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет" ; редколлегия: О. Г. Туровец ответственный редактор. Воронеж, 2011. С. 12-13.

126 Дударева О.В. Развитие организаций как процесс обеспечения их эффективного функционирования / В сборнике: Проблемы современных экономических, правовых и естественных наук в России. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. 2017. С. 163-166.

127 Дударева О.В. Развитие предприятий машиностроения на основе повышения эффективности их функционирования // Организатор производства. 2012. № 4 (55). С. 59-61.

128 Дударева О.В. Разработка механизма повышения эффективности управления инвестициями в условиях цифровой экономики // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. № 5-1 (75). С. 204-207.

129 Дударева О.В. Система мотивации работников, направленная на устойчивый рост эффективности промышленного предприятия // Экономинфо. 2006. № 5. С. 79-83.

130 Дударева О.В. Систематизация методик оценки уязвимости промышленной экосистемы / В сборнике: Управление предприятиями и отраслями

строительного комплекса в эпоху цифровой трансформации. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2022. С. 15-17.

131 Дударева О.В. Управление уязвимостью промышленных экосистем в интересах устойчивого развития // Организатор производства. 2021. Т. 29. №4. С. 77-84.

132 Дударева О.В. Факторы устойчивого роста эффективности промышленных предприятий // Организатор производства. 2007. № 4. С. 12-15.

133 Дударева О.В., Аракчеев Д.В. Достижение целей устойчивого развития промышленной экосистемой в условиях коронакризиса / В сборнике научных статей 10-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития» (30 декабря 2020 года); в 2-х томах, Том 1, – Курск: Юго-Зап.гос.ун-т, 2020. – 351 с. – С. 195-197.

134 Дударева О.В., Аракчеев Д.В. Эволюция развития промышленных экосистем // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 1 (22). С. 38-40.

135 Дударева О.В., Аракчеев Д.В., Дударев Д.Н. Концептуальные аспекты перехода к умному производству в условиях цифровизации // Организатор производства. 2020. Т. 28. №4. С. 7-15.

136 Дударева О.В., Дахина В.О. Эффективность инвестиций в системе экономической безопасности предприятия // Экономинфо. 2018. Т. 15. № 2. С. 25-29.

137 Дударева О.В., Дударев Д.Н. Исследование состояния промышленной экосистемы в условиях коронакризиса / В сборнике научных статей 10-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития» (30 декабря 2020 года); в 2-х томах, Том 1, – Курск: Юго-Зап.гос.ун-т, 2020. – 351 с. – С. 198-200.

138 Дударева О.В., Дударев Д.Н., Гончаров А.Ю. Модель оценки динамики зрелости промышленных экосистем // Наука Красноярья. 2021. Т. 10. № 1. С. 38-54.

139 Дударева О.В., Красникова А.В. Финансовая стратегия промышленного

предприятия. Учебное пособие. Воронеж, 2015.

140 Дударева О.В., Красникова А.В., Свиридова С.В. Инвестиционное проектирование. Учебное пособие / Воронеж, 2012.

141 Дударева О.В., Пузаков А.Г. Проблемы финансирования инновационной деятельности в России // Экономинфо. 2017. № 3. С. 55-58.

142 Дударева О.В., Шкарупета Е.В. Инструментарий интеллектуальной цифровой трансформации / В сборнике Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: материалы Международной научно-практической конференции, 15 октября 2021 года, г. Красноярск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – 119 с. – С. 117-119.

143 Дударева О.В., Шкарупета Е.В. Инструментарий когнитивной цифровой трансформации / Proceedings of the II International conference Digital economy: modern challenges and real opportunities. Baku: UNEC, Publishing house «UNEC». 2022. С. 420-423.

144 Дударева О.В., Шкарупета Е.В. Концептуальные аспекты цифровой трансформации промышленных экосистем / В сборнике: Цифровая экономика, умные инновации и технологии. Сборник трудов Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с зарубежным участием. Санкт-Петербург, 2021. С. 64-66.

145 Дятлов С. А. Основы концепции устойчивого развития. – 1998.

146 Евсин М. Ю. Влияние инфляции на постпандемийное восстановление экономики России // Экономика, управление и общество: теория, методология и практика. – 2021. – С. 117-123.

147 Ерзнкян Б. А. Крупномасштабные системы и эконотроника // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018). – 2018. – С. 192-195.

148 Еськов В. М. и др. Проверка теоремы Гленсдорфа-Пригожина по расчету энтропии биосистем // Вестник кибернетики. – 2015. – №. 4. – С. 112-117.

149 Загоруля Т. Б. Менеджер-фасилитатор в современной организации

//Менеджмент и предпринимательство в парадигме устойчивого развития. – 2020. – С. 64-66.

150 Захаров В. Я. и др. Концептуальные основы оценки факторов и системных эффектов сбалансированного развития сложных экономических систем в соответствии с концепцией "Индустрия 4.0" //Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2018. – №. 3 (51).

151 Захаров В. Я., Фролов В. Г., Трофимов О. В. Методологические аспекты развития сложных экономических систем в условиях цифровой трансформации промышленности //Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2020. – №. 2 (58).

152 Зинченко Ю. П., Еськов В. М., Еськов В. В. Понятие эволюции Гленсдорфа-Пригожина и проблема гомеостатического регулирования в психофизиологии //Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. – 2016. – №. 1.

153 Зубаревич Н. В. Возможности децентрализации в год пандемии: что показывает бюджетный анализ? //Региональные исследования. – 2021. – №. 1. – С. 46-57.

154 Ильина Е.А. и др. Разработка методики оценки стратегии устойчивого развития промышленного предприятия для активизации инновационной деятельности // Экономика и предпринимательство. – 2020. – №. 8 (121). – С. 744 – 750.

155 Ильина Е.А. Разработка методики оценки промышленного предприятия при формировании стратегии устойчивого развития // Ломоносов – 2021: материалы Международного молодежного научного форума, Москва, 12–23 апреля 2021 года. – Москва: ООО «МАКС Пресс», 2021.

156 Индустриальные парки – актуальный инструмент поддержки инвестиций. АльтИнвест. <https://www.alt-invest.ru/lib/industrialnyj-parki/>.

157 Индустриальные парки и ОЭЗ России. <https://indparks.ru>.

158 Индустриальные парки России – 2021. Отраслевой обзор. Выпуск восьмой. Ассоциация индустриальных парков России. При поддержке

Министерства промышленности и торговли Российской Федерации. 2021. 129 с.

159 Ишмуратова М. М., Ишбирдин А. Р., Суюндуков И. В. Использование показателей гемеробии для оценки уязвимости некоторых видов орхидей южного Урала и устойчивости растительных сообществ //Биологический вестник. – 2003. – Т. 7. – №. 1-2. – С. 33-35.

160 Калюгина С. Н. Стратегические социальные альянсы промышленных предприятий. Стратегические социальные альянсы промышленных предприятий и их влияние на развитие социальной ответственности российского бизнеса //Российское предпринимательство. – 2011. – №. 2-1.

161 Капица Л. М. Индикаторы мирового развития //М.: МГИМО (У) МИД России. – 2008. – С. 100.

162 Карпинская В. А. Экосистема как единица экономического анализа //Системные проблемы отечественной мезоэкономики, микроэкономики, экономики предприятий: материалы Второй конференции Отделения моделирования производственных объектов и комплексов ЦЭМИ РАН (Москва, 12 января 2018 г.). – 2018. – №. 2. – С. 125.

163 Карпинская Р. С., Никольский С. А. Социобиология: критический анализ. – Издательство Мысль, 1988.

164 Карпов А. В. Метасистемная организация индивидуальных качеств личности. – 2018.

165 Карпов А. В. Метасистемный подход как методология исследования закономерностей генезиса профессиональной деятельности //Современные тенденции развития психологии труда и организационной психологии. – 2022. – С. 27.

166 Карпов А. В. О метасистемном подходе в психологии //Труды Ярославского методологического семинара. – 2004. – Т. 2. – С. 21-34.

167 Карпов А. В., Воронова Т. А. Интеллектуальная одаренность в структурно-функциональной организации внутреннего мира человека: метасистемный подход //Методология современной психологии. – 2019. – №. 9. – С. 56-62.

168 Карпов А. В., Карпов А. А. Системная методология как основа разработки проблемы метакогнитивных способностей личности //Системная психология и социология. – 2014. – №. 3. – С. 11-19.

169 Кащенко А. Г., Семенов Р. В. Методика решения нечетких многокритериальных задач выбора вариантов информационно-телекоммуникационных систем //Экономика. Информатика. – 2012. – Т. 24. – №. 19-1 (138). – С. 161-164.

170 Квинт В. Л., Бодрунов С. Д. Стратегирование трансформации общества: знание, технологии, ноономика. – 2021.

171 Кесорецких И. И., Зотов С. И. Методика оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям //Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2012. – №. 1.

172 Кластерный прорыв: «Ростелеком» ускорит развитие цифрового сегмента. 16.11.2021. https://www.company.rt.ru/press/news_ir/news/d461143/.

173 Клейнер Г. Б. Промышленные экосистемы: взгляд в будущее //Экономическое возрождение России. – 2018. – №. 2 (56). – С. 53-62.

174 Клейнер Г. Б. Социально-экономические экосистемы в свете системной парадигмы //Системный анализ в экономике—2018: Сб. трудов V Международной научно-практической конференции—биеннале (21—23 ноября 2018 г.). М.: Прометей. – 2018. – С. 5-14.

175 Клейнер Г. Б. Экономика экосистем: шаг в будущее //Экономическое возрождение России. – 2019. – №. 1 (59). – С. 40-45.

176 Климанов В. В., Михайлова А. А. Бюджетная децентрализация в пандемию и постпандемийных условиях //Журнал Новой экономической ассоциации. – 2021. – №. 3. – С. 218-226.

177 Клир Д. Системология. Автоматизация решения системных задач: Пер. с англ. – Радио и связь, 1990.

178 Коданева С. И. Общество потребления vs циркулярная экономика: совместимые или взаимоисключающие модели? //Социальные новации и

социальные науки. – 2020. – №. 2 (1).

179 Козицын А. С., Афонин С. А. Нахождение скрытых зависимостей между объектами на основе анализа больших массивов библиографических данных //Proc. of the International Conference Actual Problems of Systems and Software Engineering (APSSE 2019), IEEE Conference Proceedings. – 2019. – С. 320-328.

180 Кокорин А. О. Парижское климатическое соглашение ООН: нынешнее и будущее воздействие на экономику России и других стран //Экологический вестник России. – 2016. – Т. 3. – С. 40-43.

181 Колмыкова Т. С., Несенюк Е. С., Халамеева К. Ю. Развитие цифровой экономики при переходе к шестому технологическому укладу //Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2019. – Т. 9. – №. 1. – С. 57-64.

182 Кононов В. Н. и др. Управление жизненными циклами промышленных технологий //Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2018. – №. 1.

183 Концепция развития цифровой экономики созидания. Материалы Фонда Экономики Созидания. <https://consensus.fund/consensus-economics-concept/>.

184 Костарев С. В. и др. Многоуровневая количественная оценка уязвимости информационно-вычислительной сети. – 2016.

185 Костень Д. Г. Реализация принципов децентрализации в экосистеме и смысловые системы управления. 2021.

186 Костень Д. Г. Смена парадигмы мышления: фундаментальные проблемы криптосферы //Экономический базис развития науки и технологий в России. – 2018. – С. 42-47.

187 Костень Д. Экономика Созидания. Реализация принципов децентрализации в экосистеме и смысловые системы управления. 2021.

188 Костень Д. Экосистема Созидания – как новая система жизнедеятельности. Из выступления на конференции ЭКОПРОМ-2021. Индустрия 5.0, цифровая экономика и интеллектуальные экосистемы. Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого. 19 ноября 2021. <https://labec.spbstu.ru/userfiles/files/ecoprom-20/ecoprom-programme2022.pdf>.

189 Костень Д., Кашанский А. Экосистема созидания как новая модель устойчивого развития. https://cfuv.ru/wp-content/uploads/2021/09/КОСТЕНЬ-ДМИТРИЙ_24.09.2021_КФУ-презентация-финальная.pdf.

190 Кравченко С. А. Становящаяся сложная социальная реальность: проблемы новых уязвимостей //Социологические исследования. – 2013. – №. 5. – С. 3-12.

191 Красникова А.В., Дударева О.В. Экономика производства на режимных объектах. Воронеж, 2019.

192 Красникова А.В., Дударева О.В., Кривякин К.С., Макаров Н.Н. Методический подход к оценке финансовой безопасности предприятия // Экономика и предпринимательство. 2019. № 2 (103). С. 1295-1300.

193 Красникова А.В., Фокина О.М., Дударева О.В. Методический подход к оценке инвестиционной привлекательности проекта внедрения информационных технологий // Экономика и предпринимательство. 2014. № 5-1 (46). С. 671-675.

194 Кривчанская А. В. Сравнительный анализ подходов к определениям понятий "устойчивость" и "устойчивое развитие организации" //Стратегии бизнеса. – 2019. – №. 3 (59). – С. 26-31.

195 Крылов П. М. Транспортная уязвимость населения России в начале XXI в //Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2015. – №. 1. – С. 26-35.

196 Кун Т. После «Структуры научных революций». – Litres, 2020.

197 Кун Т. Структура научных революций. – Рипол Классик, 1975.

198 Левенцов В. А. Анализ современных форм и особенностей развития стратегических альянсов //Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2017. – №. 5 (23).

199 Левич А.П. Искусство и метод в моделировании систем: вариационные методы в экологии сообществ, структурные и экстремальные принципы, категории и функторы. Проект РФФИ. https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1781834.

200 Лейбин В. М. «Модели мира» и образ человека: Критический анализ идей Римского клуба. – Политиздат, 1982.

201 Лимская декларация. Путь к достижению всеохватывающего и устойчивого промышленного развития. ГЕНЕРАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ЮНИДО. Лима – Перу. 2-6 декабря 2013 года. https://www.unido.org/sites/default/files/2014-04/Lima_Declaration_RU_web_0.pdf.

202 Липский И. А. Методологический анализ научного знания //Гаудеамус. – 2004. – Т. 2. – №. 6. – С. 18-31.

203 Липский И. А. Содержательно-функциональная концепция методологического анализа научного знания (часть i) //Гаудеамус. – 2005. – Т. 1. – №. 7. – С. 9-26.

204 Липский И. А. Содержательно-функциональная концепция методологического анализа научного знания (часть II) //Гаудеамус. – 2006. – Т. 1. – №. 9. – С. 9-21.

205 Лозенко В.К. Основные положения и сущность ценологического подхода. <http://www.kudrinbi.ru/public/382/index.htm>.

206 Майбуров И. Устойчивое развитие как коэволюционный процесс //Общество и экономика. – 2004. – №. 4. – С. 124-143.

207 Майоров С. А., Кириллов В. В., Приблуда А. А. Введение в микроЭВМ. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1988. – С. 121.

208 Макаров И. А., Степанов И. А. Парижское соглашение по климату: влияние на мировую энергетику и вызовы для России //Актуальные проблемы Европы. – 2018. – №. 1.

209 Макаров И. А., Чен Х., Пальцев С. В. Последствия Парижского климатического соглашения для экономики России //Вопросы экономики. – 2018. – Т. 4. – С. 76-94.

210 Мантатов В. В., Мантатова Л. В. Философия устойчивого развития: диалектика и реализм //Вестник Бурятского государственного университета. Философия. – 2017. – №. 5. – С. 3-14.

211 Маркс К., Энгельс Ф. Экономическо-философские рукописи 1844 года. – 1974.

212 Мартынов О. Ю. Жизненный цикл технологий в производстве

наукоемкой продукции //Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2012. – №. 1. – С. 69-72.

213 Мартынюк-Черниенко Ю. А., Слынько В. И. Об устойчивости условно инвариантных множеств неточных систем //Доклады Академии наук. – Федеральное государственное бюджетное учреждение" Российская академия наук", 2002. – Т. 382. – №. 4. – С. 448-451.

214 Маршалл А. Принципы политической экономии. М.: Прогресс, 1993. Т. 1. 415 с.

215 Материалы образовательного управленческого курса в области космических и цифровых технологий Chief Space Officer. <https://stepik.org/course/100993/info>.

216 Махутов Н. А., Резников Д. О. Оценка уязвимости технических систем и ее место в процедуре анализа риска //Проблемы анализа риска. – 2008. – Т. 5. – №. 3. – С. 72-85.

217 Международная программа по геосфере и биосфере www.igbp.net.

218 Международный консорциум «Санкт-Петербургский Кластер Чистых технологий для городской среды». https://lenoblinvest.ru/wp-content/uploads/2021/09/Cluster_clean_technologies.pdf.

219 Мезенцева О. Е. Методика оценки устойчивого развития компании по компоненте экономической устойчивости //Экономика и предпринимательство. – 2015. – №. 12-3. – С. 586-589.

220 Мельник Л. Г. и др. Устойчивое развитие: теория, методология, практика. – 2009.

221 Менгер К., Бем-Баверк Е., Визер Ф. Австрийская школа в политической экономии //М.: Экономика. – 1992. – Т. 6.

222 Мерзлякова Е. А., Колмыкова Т. С. Циркулярное воспроизводство и экологические инновации в обеспечении устойчивого роста региональной экономики //Регион: системы, экономика, управление. – 2019. – №. 3 (46). – С. 104-111.

223 Мерзлякова Е. А., Колмыкова Т. С., Гончаров А. Ю. Проблемы

формирования перспективных точек роста высокотехнологичных производств //Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2017. – Т. 7. – №. 3. – С. 37-44.

224 Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием. Москва, 2019.

225 Минпромторг РФ. <https://minpromtorg.gov.ru>.

226 Миркин Я. М., Добашина И. В. Российская экономика: вызовы и сценарии волатильного будущего //Экономическая наука современной России. – 2017. – №. 3 (78).

227 Миссия эконо-индустриального парка Калуннборг. <http://www.symbiosis.dk/en/strategi/>.

228 Модель повышения инновационной открытости крупных компаний. 2019.

229 Моисеев Н. Н. Устойчивое развитие или стратегия переходного периода //Зеленый мир. – 1995. – №. 14. – С. 3-5.

230 Молчанова Л. Н. Жизнестойкость как фактор устойчивости к психическому выгоранию представителей экстремальных профессий //Клиническая и медицинская психология: исследования, обучение, практика. – 2015. – №. 4. – С. 2-2.

231 Мосиенко А.В. Управление цифровой трансформацией промышленных систем в условиях нового этапа научно-технологического развития. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2022.

232 Муковнина Е. Ю. Ключевые особенности индустриальных парков в сравнении с другими формами производственной инфраструктуры //Проблемы социально-экономической устойчивости региона. – 2021. – С. 85-90.

233 На базе ИТМО Хайпарка появится первый в России центр промышленного симбиоза. 2021. https://news.itmo.ru/ru/startups_and_business/partnership/news/10385/.

234 Назилин В. С., Чернова В. С., Степаненко Д. А. Перспективы развития

цифрового рынка: закон Хуанга против закона Мура //Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. – 2021. – №. 1. – С. 64-68.

235 НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. Промышленные автоматизированные системы. ТРЕБОВАНИЯ К СТАНДАРТНЫМ АРХИТЕКТУРАМ И МЕТОДОЛОГИЯМ ПРЕДПРИЯТИЯ. Industrial automation systems. Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies. Дата введения 2010-01-01. <https://docs.cntd.ru/document/1200076802>.

236 НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Основные положения и словарь. Quality management systems. Fundamentals and vocabulary. Дата введения 2015-11-01. <https://docs.cntd.ru/document/1200124393>.

237 Нечаев Ю. Б., Кащенко Г. А. Методика формирования и многокритериального выбора вариантов инфотелекоммуникационных систем в условиях неопределенности исходных данных //Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2012. – №. 2. – С. 53-58.

238 Никифорова В. Д., Никифоров А. А. Анализ текущей ситуации и постпандемийное оздоровление российской экономики //Современные вызовы экономики и управления в россии в условиях многополярного мира. – 2021. – С. 139-142.

239 Новиков А. М., Новиков Д. А. Методология научного исследования. – 2010.

240 Новиков А. М., Новиков Д. А. О предмете и структуре методологии //Мир образования-образование в мире. – 2008. – №. 1. – С. 29.

241 Новиков В. К. Методология и методы научного исследования. – 2015.

242 Обухов Ю. Д. «Римский клуб» и экологические проблемы //Редакционный совет. – 1975. – С. 70.

243 Овченков Н. И., Елисов Л. Н. Оценка уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств в гражданской авиации //Научный

вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2014. – №. 204.

244 Олексенко Р. И. Философия устойчивого развития в эпоху глобализации //Гилея: научный вестник. – 2015. – №. 100. – С. 175-179.

245 Омельченко И. Н. и др. Стратегические альянсы промышленных предприятий: цель, задачи и принципы интеграции //Управление научно-техническими проектами. – 2018. – С. 168-170.

246 Операционная платформа ISID. INCLUSIVE AND SUSTAINABLE INDUSTRIAL DEVELOPMENT. <https://www.unido.org/inclusive-and-sustainable-industrial-development>.

247 Орлов А. Б. Фасилитатор и группа: от интерперсонального к трансперсональному общению //Консультативная психология и психотерапия. – 1994. – Т. 3. – №. 2.

248 Осотов А. Будущее в стиле Digital //Беспроводные технологии. – 2016. – №. 1. – С. 10-11.

249 Остервальдер А., Пинье И. Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора. – Альпина Паблишер, 2012.

250 Отчет о мировом развитии – 1994: инфраструктура и развитие. Всемирный Банк. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/446271468155121230/pdf/131840WDR0RUSSIAN0Box82443B00PUBLIC0.pdf>.

251 Отчет о мировом развитии – 1995: трудовые ресурсы и глобализация экономики. Всемирный Банк. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/610431468335459832/pdf/148660WDR0RUSSIAN0Box109820B00PUBLIC0.pdf>.

252 Отчет о мировом развитии – 1996: от плана к рынку. Всемирный Банк. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/252591468149960997/pdf/158910russian.pdf>.

253 Отчет о мировом развитии – 1997: государство в меняющемся мире. Всемирный Банк.

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/886571468156582917/pdf/173000RUSSIAN018213137761901PUBLIC1.pdf>.

254 Отчет о мировом развитии – 1998/99: знания на службе развития. Всемирный Банк.

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/584221468171570513/pdf/184450RUSSIAN017777100511901PUBLIC1.pdf>.

255 Отчет о промышленном развитии 2013. Устойчивый рост занятости: роль обрабатывающей промышленности и структурных изменений. ЮНИДО.
https://www.unido.org/sites/default/files/2014-04/IDR_2013_OVERVIEW_RUSSIAN_EBOOK_0.pdf.

256 Отчет о промышленном развитии 2016. Роль технологий и инноваций во всеохватывающем и устойчивом промышленном развитии. ЮНИДО.
https://www.unido.org/sites/default/files/2015-12/EBOOK_IDR2016_OVERVIEW_RUSSIAN_0.pdf.

257 Отчет о промышленном развитии 2018. Спрос на продукцию обрабатывающей промышленности: фактор всеохватывающего и устойчивого промышленного развития. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2017-11/IDR2018_OVERVIEW_RUSSIAN.pdf.

258 Отчет о промышленном развитии 2020. Индустриализация в цифровую эпоху. ЮНИДО. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO_IDR2020-Russian_overview.pdf.

259 Отчет о промышленном развитии 2022. Будущее индустриализации в постпандемийном мире. ЮНИДО.
<https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-11/IDR%202022%20OVERVIEW%20-%20RU%20EBOOK.pdf>.

260 Павленко В. Б. Парижское соглашение как угроза национальной безопасности России // Астраханский вестник экологического образования. – 2017. – №. 4 (42). – С. 25-40.

261 Парахина В. Н., Перов В. И. Принципы симбиоза новые современные принципы развития социально-экономических систем // Вестник Саратовского

государственного социально-экономического университета. – 2008. – №. 3. – С. 18-20.

262 Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». <http://government.ru/info/35568/>.

263 Перская В. В. Государство как институт инициации развития при восстановлении экономики в постпандемийный период // Экономика. Налоги. Право. – 2022. – Т. 15. – №. 1. – С. 142-154.

264 Перспективы развития мировой экономики: Восстановление во время пандемии. Доклад. Международный валютный фонд. 12.10.2021. <https://www.imf.org/ru/Publications/WEO/Issues/2021/10/12/world-economic-outlook-october-2021>.

265 Перспективы развития мировой экономики: Спад в обрабатывающей промышленности, рост торговых барьеров. Доклад. Международный валютный фонд. 08.10.2019. <https://www.imf.org/ru/Publications/WEO/Issues/2019/10/01/world-economic-outlook-october-2019>.

266 Петриков А.В. Организация функционирования национальной инновационной инфраструктуры в условиях цифровизации. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2019.

267 Питиримов Н. Создание экосистемы промышленного симбиоза в России через развитие центров промышленного симбиоза. Презентация проекта. Интенсив Архипелаг-2021. <https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/r785h9fkubk0cs8044k8skw8k4ws4k>.

268 Питт Д., Гуревич М. И. Что такое устойчивое развитие? – 2000.

269 Пищухин А. М., Ахмедьянова Г. Ф. Общая теория систем. Метасистемы: учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в состав направлений подготовки 27.04. 03-Системный анализ и управление и 27.04. 04-Управление в технических системах. – 2019.

270 Плетнев Д. А. Эконотроника и институты (рецензия на монографию ЕВ Попова) // Вестник Челябинского государственного университета. – 2021. – №. 6. –

С. 229-232.

271 Повестка дня на XXI век. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21.shtml.

272 Погребняк Е. Ю. Эволюция и особенности СЭЗ (ОЭЗ) и ТОР в России и мире //Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017. – №. 7 (101). – С. 25.

273 Подлазов А. В. Технологический императив как основа теории глобального демографического процесса //Препринты Института прикладной математики им. МВ Келдыша РАН. – 2015. – №. 0. – С. 92-32.

274 Положение об управлении проектами цифровой трансформации в сфере государственного управления. 2020.

275 Полтерович В. М. Коллаборативные иерархии //Вопросы экономики. – 2021. – №. 7. – С. 31-48.

276 Полухина Е. В., Просянюк Д. В. Исследования со смешанными методами (mixed methods research): интеграция количественного и качественного подходов //Политическая концептология: журнал метадисциплинарных исследований. – 2017. – №. 1. – С. 49-56.

277 Полякова Н. П., Гурова К. С. Инновационно-активный промышленный кластер как новый этап развития цифровой экономики //Вызовы цифровой экономики: итоги и новые тренды. – 2019. – С. 410-414.

278 Пономарев А. Б., Пикулева Э. А. Методология научных исследований //Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – 2014.

279 Попов Д. А., Тинякова В. И. «Бережливое производство» как драйвер социально-экономического развития региона //Научный результат. Экономические исследования. – 2019. – Т. 5. – №. 1. – С. 52-59.

280 Попов Е. В. Эконотроника //Экономика региона. – 2018. – Т. 14. – №. 1.

281 Попов Е. В., Долженко Р. А., Челак И. П. Результативность деятельности профессиональных экспертных сообществ в регионах //Менеджмент в России и за рубежом. – 2021. – №. 1. – С. 79-89.

282 Попов Е. В., Симонова В. Л., Тихонова А. Д. Сетевой потенциал фирмы в условиях цифровизации экономической деятельности //Журнал экономической теории. – 2020. – Т. 17. – №. 1. – С. 117-129.

283 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.

284 Попов Е. Эконотроника. Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Уральский институт управления. Тюмень, 2020.

285 Попова О.А. Управление развитием инновационной экосистемы на основе платформенной концепции. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2021.

286 Постановление Правительства РФ от 18.04.2016 № 317 «О реализации Национальной технологической инициативы» в редакции от 01.07.2021. <https://nti2035.ru/documents/Normative/>.

287 Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 г. N 377 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Научно-технологическое развитие Российской Федерации". <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>.

288 Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года. https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R.

289 Пригожин А. И. Римский клуб перед социальными проблемами //Вопросы философии. – 1978. – №. 5. – С. 164-171.

290 Пригожин И. Время, структура и флуктуации //Успехи физических наук. – 1980. – Т. 131. – №. 6. – С. 185-207.

291 Пригожин И. От существующего к возникающему. – М.: Наука, 1985. – Т. 328.

292 Приказ Минкомсвязи России от 01.08.2018 № 428 "Об утверждении Разъяснений (методических рекомендаций) по разработке региональных проектов

в рамках федеральных проектов национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации"

293 Проект Ô. <https://www.eu-project-o.eu>.

294 Прокопцов В. Е., Трефилова И. Н. Эволюция цепочек и создание сетей ценности //Иновационная наука. – 2015. – №. 12-1. – С. 291-295.

295 Промышленная экология: цифровая трансформация производственной деятельности. 2019. <https://skillscenter.ru/industrial-ecology-digital-transformation-of-industrial-activity/>.

296 Распоряжение Правительства РФ от 25.01.2018 N 84-р "Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года". http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_289114/.

297 Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Выпуск 7 / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, С. В. Бредихин и др.; под ред. Л. М. Гохберга; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: НИУ ВШЭ, 2021. — 274 с.

298 Рикардо Д. Принципы политэкономии и налогообложения/Д. – 1817.

299 Римский клуб. https://ru.wikipedia.org/wiki/Римский_клуб.

300 Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml.

301 Розенберг Г. С. и др. Устойчивое развитие: мифы и реальность. – 1998.

302 Розов Н. С. Устойчивое развитие и ценностное сознание. – 1994.

303 Розов Н. С. Философия и теория истории. Книга первая. Прологомены //Логос. – 2002. <https://nsu.ru/filf/rozov/publ/fti/sod.htm>.

304 Ромащенко Т. Д., Трещевский Ю. И., Трещевская Н. Ю. Методология научного исследования экономики, управления и финансов. – Воронеж, 2009. – С. 8.

305 Ромащенко Т. Д., Трещевский Ю. И., Трещевский Д. Ю. Методология

научного исследования экономики, управления и финансов. – 2018.

306 Рузавин Г. И. Методология научного познания. – 2005.

307 Руководство по цифровой трансформации производственных предприятий. Москва, 2019.

308 Светлосанов В. А. и др. Прошлое, настоящее и будущее концепции устойчивого развития. Модельный аспект //Проблемы региональной экологии. – 2021. – №. 1.

309 Светлосанов В. А. О стабильности экосистем //Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 1976. – №. 4. – С. 89-94.

310 Светлосанов В. А. Устойчивость и стабильность природных экосистем. – 1990.

311 Семантический анализ текста Адвего для SEO онлайн <https://advego.com/text/seo/>.

312 Семидоцкий В. А., Костенко Р. В. Устойчивое развитие промышленного бизнеса в рамках промышленных агломераций. Определения и классификация ключевых дефиниций //Экономика и предпринимательство. – 2018. – №. 6. – С. 553-555.

313 Середа Е.И. Управление научно-технологическим развитием национальной инновационной системы. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2020.

314 Сидоров Ю. В., Бочков П. В., Блинова Е. А. МАЛЫЙ БИЗНЕС В ПОСТПАНДЕМИЙНЫЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ //Журнал «Human Progress» <http://progress-human.com>. – 2021. – Т. 7. – №. 4.

315 Сильвестров С. Н., Рогинко С. А. По поводу рисков Парижского соглашения о климате для социально-экономического развития России //Российский экономический журнал. – 2016. – №. 6. – С. 32-43.

316 Сироткина Н. В., Чудинова Л. Н. Инвестиционное обеспечение устойчивого сбалансированного развития региона: проблемы, угрозы, целевые ориентиры //Регион: системы, экономика, управление. – 2016. – №. 1. – С. 24-32.

317 Системная оптимизация структуры современной экономики: экосистемы, кластеры, сети, бизнес-инкубаторы, платформы. Проект РНФ 19-18-

00335. Руководитель – д.э.н. Г.Б. Клейнер. <https://rscf.ru/project/19-18-00335/>.

318 Слоботчиков О. Н., Нугманова Н. Р. Обеспечение устойчивого прогресса человечества: уменьшение уязвимости и формирование жизнестойкости //Вестник Института мировых цивилизаций. – 2016. – №. 12. – С. 231-237.

319 Собченко Н. В. Комплексная методика оценки экономической устойчивости предприятий на основе инновационной активности //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – №. 67. – С. 163-172.

320 Создание экосистемы промышленного симбиоза в России через развитие центров промышленного симбиоза. 2020. <https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/538tc6forjc4wc00k8kwo4wo0os88o>.

321 Созидательное Общество. Проект. <https://creativesociety.com/ru>.

322 Солдак М. А. и др. Промышленные экосистемы и цифровизация в контексте устойчивого развития //Экономика промышленности. – 2020. – №. 4 (92).

323 Солдак М. А. Промышленные экосистемы и технологическое развитие //Экономика промышленности. – 2019. – №. 4 (88).

324 Соломка А. В. Методика интегральной оценки устойчивого развития предприятия //Экономинфо. – 2005. – №. 4. – С. 3-7.

325 Соломка А.В. Система управления устойчивым развитием предприятия в условиях активной инновационной деятельности. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2006.

326 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.

327 Статистика ЕАЭС.
http://www.eurasiancommission.org/ru/act/integr_i_makroec/dep_stat/union_stat/Pages/default.aspx.

328 Стерелюхин А. И., Макарова Л. Н., Федоров В. А. Методологические знания учащихся. Проблемы дифференциации, структурирования и

систематизации //Гаудеамус. – 2003. – Т. 1. – №. 3. – С. 125-134.

329 Стернин И. А., Рудакова А. В. Словарные дефиниции и семантический анализ. – 2017.

330 Стернин И. А., Саломатина М. С. Семантический анализ слова в контексте. – Directmedia, 2015.

331 Стратегия ВУПР (ISID). http://www.unido.ru/overview/strategija_isid/.

332 Стратегия развития отрасли венчурного инвестирования в Российской Федерации (Открытый проект для обсуждения и доработки при участии профессиональных участников рынка венчурного инвестирования). Москва, 2015.

333 Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их "цифровой зрелости" до 2024 года и на период до 2030 года (утв. Минпромторгом РФ). https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_390587/.

334 Стрижаков Д. В., Стрижакова Е. Н. Промышленная и инвестиционная политика на муниципальном уровне: уязвимые места //Всероссийский экономический журнал ЭКО. – 2014. – №. 9 (483).

335 Суслов С. Н. Понятие и факторы устойчивого развития организации //Символ науки. – 2019. – №. 1. – С. 60-66.

336 Таирова М. М., Аминова Н. Б., Рахманкулова Н. О. Стратегия развития управления цепями поставок в обрабатывающей промышленности //International scientific review. – 2020. – №. LXXI.

337 Тарко А. М. Остановит ли Парижское соглашение глобальное потепление? //Век глобализации. – 2019. – №. 4.

338 Тимощук А. С. Национальная философия устойчивого развития России //Современные евразийские исследования. – 2018. – №. 3. – С. 97-104.

339 Тинякова В. И., Сунь С. Классификационный анализ производственных стратегий промышленного предприятия //Управленческий учет. – 2021. – №. 2-2. – С. 248-254.

340 Титова Н. Ю. Опыт развития эко-индустриальных парков АТР как ориентир внедрения циркулярной экономики в РФ //Ойкумена. Регионоведческие

исследования. – 2020. – №. 3 (54).

341 Толстых Т. О., Шмелева Н. В., Агаева А. М. Методика оценки уровня зрелости экономической безопасности предприятий в промышленных экосистемах //Регион: системы, экономика, управление. – 2020. – №. 4 (51).

342 Толстых Т.О., Дударева О.В. Критерии и методы оценки эффективности деятельности предприятия // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 11-3. С. 98-102.

343 Трифонов П. В., Серышев Р. В. Трансформация управления цепями поставок в условиях четвертой промышленной революции //Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – №. 3 (108).

344 Трофимов О. В., Захаров В. Я., Фролов В. Г. Экосистемы как способ организации взаимодействия предприятий производственной сферы и сферы услуг в условиях цифровизации //Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2019. – №. 4 (56). – С. 43-55.

345 Туровец О. Г., Родионова В. Н. Организационные факторы посткризисного развития промышленных предприятий //Организатор производства. – 2009. – Т. 42. – №. 3. – С. 18-21.

346 Туровец О.Г., Дударева О.В. Механизм устойчивого роста эффективности функционирования промышленных предприятий / О. Г. Туровец, О. В. Дударева ; ГОУВПО "Воронежский гос. технический ун-т". Воронеж, 2008.

347 Турчин В. Ф. Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции //М.: ЭТС. – 2000. – Т. 368. – С. 7.

348 Удальцова М. В., Абрамова Е. А. Риски человеческого развития в современном российском обществе как факторы его уязвимости //Вестник НГУЭУ. – 2015. – №. 2.

349 Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. <http://kremlin.ru/acts/bank/41449>.

350 Уколова Л. И., Афанасьев В. В., Грибкова О. В. Методология и методы научного исследования. – 2018.

351 Урсул А. Д. На пути к экобезопасному устойчивому развитию цивилизации //Общественные науки и современность. – 1994. – №. 4. – С. 127-134.

352 Ускорение диффузии технологий и последствия. <https://smart-lab.ru/blog/387559.php>.

353 Утепбергенов И. Т. и др. Оркестрация взаимодействия в центре обработки данных интеллектуальной транспортной системы города //Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов VI Международной конференции, 14-19 октября 2019 г., Томск.—Томск, 2019. – 2019. – С. 59-64.

354 Федеральный проект «ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ». <https://digital.ac.gov.ru/poleznaya-informaciya/material/Паспорт-федерального-проекта-Информационная-безопасность.pdf>.

355 Федеральный проект «ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА». <https://digital.ac.gov.ru/poleznaya-informaciya/material/Паспорт-федерального-проекта-Информационная-инфраструктура.pdf>.

356 Федеральный проект «КАДРЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ». <https://digital.gov.ru/uploaded/files/pasport-federalnogo-proekta-kadryi-dlya-tsifrovoj-ekonomiki.pdf>.

357 Федеральный проект «НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ». <https://digital.ac.gov.ru/poleznaya-informaciya/material/Паспорт-федерального-проекта-Нормативное-регулирование-цифровой-среды.pdf>.

358 Федеральный проект «ЦИФРОВОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ». <https://digital.gov.ru/uploaded/files/pasport-federalnogo-proekta-tsifrovoe-gosudarstvennoe-upravlenie.pdf>.

359 Федеральный проект «ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ». <https://digital.ac.gov.ru/poleznaya-informaciya/material/Паспорт-федерального-проекта-Цифровые-технологии.pdf>.

360 Философский словарь / под ред. И.Т. Фролова – М.: Издательство «Республика», 2011 – С.522

- 361 Фонд Экономики Созидания. <https://consensus.fund>.
- 362 Хайтун С. Д. Социальная эволюция, энтропия и рынок //Общественные науки и современность. – 2000. – №. 6. – С. 94-109.
- 363 Харченко К.В. Мягкое управление в современном обществе: тактика или стратегия? // Технологии мягкого управления в социальных системах: Сборник научных трудов. – Белгород: Константа, 2007. – С.21-24.
- 364 Хомяченкова Н. А. Механизм интегральной оценки устойчивости развития промышленных предприятий. – 2011.
- 365 Цели устойчивого развития. Росстат. <https://rosstat.gov.ru/sdg/data>.
- 366 Центр промышленного симбиоза в России. Паспорт проекта. <https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/tcllh6xbyasw8ocsgsso84ogcwowsc>.
- 367 Цифровая экосистема производительности труда. https://www.economy.gov.ru/material/file/eac0a5640999e40cb222414e35cd596c/cifrovaya_ekosistema.pdf.
- 368 Чекмарев О. П. Методологические основы концепции устойчивого развития: микро-, макро-и глобальный уровень //Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – №. 1 (50). – С. 135-140.
- 369 Чекмарев О. П., Конев П. А. Устойчивое развитие: подходы к определению //Изв. Междунар. академии аграрного образования. – 2018. – №. 38. – С. 109.
- 370 Чудинова Л. Н., Сироткина Н. В., Гончаров А. Ю. Интегральный подход к оценке эффективности инвестиционного обеспечения устойчивого сбалансированного развития региона //Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – №. 6. – С. 108.
- 371 Шальнев О.Г. Управление устойчивым инновационным развитием предприятий строительного комплекса в условиях цифровой экономики. Дисс... д-ра экон.наук. Воронеж, 2022.
- 372 Швец А. В. и др. Исследование систем и методов наукометрического анализа научных публикаций //Искусственный интеллект и принятие решений. – 2014. – №. 3. – С. 62-71.

373 Шедько Ю. Н. Анализ методик оценки устойчивости развития территориальных социо-эколого-экономических систем //Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №. 1-1. – С. 693-693.

374 Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – Рипол Классик, 1963.

375 Шешнев А. С. Что такое антропоцен? //Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2017. – Т. 17. – №. 3. – С. 200-206.

376 Шкарупета Е. В., Дударева О. В., Нетяга Н. Н. Развитие экосистем на основе платформенной концепции //Стратегическое управление развитием цифровой экономики на основе умных технологий. – 2021. – С. 424-442.

377 Шкарупета Е. В., Колесникова В. Б., Белянцева О. М. Особенности кибер-социо-техно-когнитивного подхода к управлению «умными» экосистемами. – 2021.

378 Шкарупета Е.В. Генезис и эволюция развития бизнес-экосистем / В сборнике: Кластеризация цифровой экономики: Глобальные вызовы. Сборник трудов национальной научно-практической конференции с зарубежным участием. В 2-х томах. Под редакцией Д.Г. Родионова, А.В. Бабкина. 2020. С. 623-628.

379 Шкарупета Е.В. Управление развитием промышленных комплексов в условиях реиндустриализации. Дисс.. д-ра экон.наук. Москва, 2019.

380 Шкарупета Е.В., Дударева О.В. К вопросу об актуализации концептуальных областей устойчивого развития промышленных экосистем: устойчивость, жизнестойкость, робастность / В сборнике: Управление предприятиями и отраслями строительного комплекса в эпоху цифровой трансформации. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2022. С. 80-84.

381 Шкарупета Е.В., Дударева О.В. Концептуальное представление промышленной экосистемы в ходе эволюции устойчивого развития // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 1 (22). С. 5-8.

382 Шкарупета Е.В., Дударева О.В. Методика оценки уровня цифровой

зрелости экономической системы // ФЭС: Финансы. Экономика. 2021. Т. 18. № 4. С. 55-59.

383 Шкарупета Е.В., Дударева О.В. Методика оценки уровня цифровой зрелости экономической системы / Proceedings of the II International conference Digital economy: modern challenges and real opportunities. Baku: UNEC, Publishing house «UNEC». 2022. С. 441-444.

384 Шкарупета Е.В., Дударева О.В. Проектное инновационное консультирование: учебное пособие. Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2021, – 126 с.

385 Шкарупета Е.В., Дударева О.В., Мосиенко А.В. Метасистемы как новые объекты Индустрии 5.0 // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 4 (25). С. 6-11.

386 Шкарупета Е.В., Дударева О.В., Польщиков Т.И. Устойчивое развитие предприятий металлургической отрасли в условиях технологических трансформаций // Цифровая и отраслевая экономика. 2022. №1 (26). С. 6-12.

387 Шкарупета Е.В., Енина Е.П., Дударева О.В. Модель оценки уязвимости промышленных экосистем // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 3 (24). С. 6-12.

388 Шкарупета Е.В., Красникова А.В., Шишкин И.А., Дударева О.В. Верификация методики оценки инвестиционной привлекательности проекта внедрения ИТ на высокотехнологичном наукоемком предприятии // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 2 (68). С. 384-388.

389 Шотыло Д. М., Родионова В. Н., Луценко М. С. Организационно-экономическое и информационное обеспечение устойчивости производственной системы // Организатор производства. – 2017. – Т. 25. – №. 2. – С. 22-33.

390 Шотыло Д.М. Организационно-экономическое обеспечение устойчивости производственной системы. Дисс. ... канд.экон.наук. Воронеж, 2008.

391 Эко-индустриальные парки: обеспечение всеобщего процветания и защиты окружающей среды. ЮНИДО. 2017. <https://www.unido.org/news/eco->

industrial-parks-creating-shared-prosperity-and-safeguarding-environment.

392 Эко-индустриальный парк – центр промышленного симбиоза, демонстрационная зона эко и энергоэффективности.
<https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/q5r12z0gg740g0s8w0wg44cgo8kc4s>.

393 Юдин Э. Г. Методология науки. Системность. Деятельность. – Эдиториал УРСС, 1997.

394 Adamides E. D., Mouzakitidis Y. Industrial ecosystems as technological niches //Journal of Cleaner Production. – 2009. – Т. 17. – №. 2. – С. 172-180.

395 Adner R. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem //Harvard business review. – 2006. – Т. 84. – №. 4. – С. 98.

396 Adomavicius G. et al. Understanding patterns of technology evolution: An ecosystem perspective //Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06). – IEEE, 2006. – Т. 8. – С. 189a-189a.

397 Almind T. C., Ingwersen P. Informetric analyses on the world wide web: methodological approaches to ‘webometrics’ //Journal of documentation. – 1997.

398 ARGO. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/argo/>.

399 Auster E. R. Macro and strategic perspectives on interorganizational linkages: A comparative analysis and review with suggestions for reorientation //Advances in strategic management. – 1994. – Т. 10. – №. 1. – С. 3-40.

400 Autio E., Thomas L.D.W. Innovation ecosystems: implications for innovation management. In the Oxford Handbook of Innovation Management, Dodgson M., Gann D.M., Phillips N. (eds). Oxford University Press: Oxford, UK, 2014.

401 Avista Green. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/avista-green/>.

402 Ayres RU, Ayres LW. A handbook of industrial ecology. Cheltenham: Edward Elgar Ltd.; 2002.

403 Babkin, A., Glukhov, V., Shkarupeta, E., Kharitonova, N., Barabaner, H. Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation. International Journal of Technology. 2021. Volume 12(7), pp. 1397-1406.

404 Baltic Industrial Symbiosis. <https://symbiosecenter.dk/en/project/bis/>,

<https://projects.interreg-baltic.eu/projects/bis-186.html?#budget>.

405 Bar-Ilan J. Informetrics at the beginning of the 21st century—A review //Journal of informetrics. – 2008. – T. 2. – №. 1. – C. 1-52.

406 Bennis W., Nanus B. The strategies for taking charge //Leaders, New York: Harper. Row. – 1985. – T. 41.

407 Bio Change Zealand. <https://ehsj.dk/content/ydelser/bio-change-zealand/85608d0a-79f3-4d1e-90a0-f0d3221755d5/>.

408 BIOPRO. <http://www.biopro.nu>.

409 Bishop W. M., DiCristina V. A prediction technique for ablative material performance under high-shear re-entry conditions //AIAA Journal. – 1968. – T. 6. – №. 1. – C. 59-63.

410 Braam R. R., Moed H. F., Van Raan A. F. J. Mapping of science by combined co-citation and word analysis. I. Structural aspects //Journal of the American Society for information science. – 1991. – T. 42. – №. 4. – C. 233-251.

411 Breque M., De Nul L., Petridis A. Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. EUROPEAN COMMISSION. Policy brief. 2021.

412 Brewer J., Hunter A. Multimethod research: A synthesis of styles. – Sage Publications, Inc, 1989.

413 Brookshier K. Method vs. methodology: understanding the difference //Uxdesign. cc. – 2018.

414 Business Hub Zealand. <https://ehsj.dk/content/ydelser/green-change-zealand/490d800a-0143-4cda-a88f-dd907c7c914b/>.

415 Byun J., Sung T. E., Park H. W. Technological innovation strategy: how do technology life cycles change by technological area //Technology Analysis & Strategic Management. – 2018. – T. 30. – №. 1. – C. 98-112.

416 Campbell S. Perspectives: Method and methodology in nursing research //Journal of Research in Nursing. – 2016. – T. 21. – №. 8. – C. 656-659.

417 Cascio J. Facing the age of chaos. 2020. <https://medium.com/cascio/facing-the-age-ofchaos-b00687b1f51d>.

418 Chanchetti L. F. et al. Technological forecasting of hydrogen storage

materials using patent indicators //International Journal of Hydrogen Energy. – 2016. – T. 41. – №. 41. – C. 18301-18310.

419 Chen G. et al. A methodology for quantitative vulnerability assessment of coupled multi-hazard in Chemical Industrial Park //Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2019. – T. 58. – C. 30-41.

420 Chertow M. R., Lombardi D. R. Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms. – 2005.

421 Chr. Hansen. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/chr-hansen/>.

422 Clinton R. L. Ecodevelopment //World Affs. – 1977. – T. 140. – C. 111.

423 Corvellec H., Stowell A. F., Johansson N. Critiques of the circular economy //Journal of Industrial Ecology. – 2021.

424 Côté R. P., Cohen-Rosenthal E. Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences //Journal of cleaner production. – 1998. – T. 6. – №. 3-4. – C. 181-188.

425 De Bruijn J. A., de Bruijn H., ten Heuvelhof E. Management in networks: on multi-actor decision making. – Routledge, 2008.

426 De Coninck B. et al. Public Procurement of Innovation: The Case of Digipolis. – 2017.

427 De Coninck B., Viaene S., Leysen J. Public procurement of innovation through increased startup participation: the case of Digipolis (Research-in-progress) //Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences. – 2018.

428 Dediu H. Seeing What's Next. ASYMCO. 2013. <http://www.asymco.com/2013/11/18/seeing-whats-next-2/>.

429 Department of Economic and Social Affairs. Sustainable Development. <https://sdgs.un.org>.

430 Derissen S., Quaas M. F., Baumgärtner S. The relationship between resilience and sustainability of ecological-economic systems //Ecological Economics. – 2011. – T. 70. – №. 6. – C. 1121-1128.

431 Dhanaraj C., Parkhe A. Orchestrating innovation networks //Academy of management review. – 2006. – T. 31. – №. 3. – C. 659-669.

432 DIGIPOLIS – Kemi technology park. <https://www.digipolis.fi/en/home>.

- 433 Digital IQ, 2020.
- 434 Dobson A. Environment sustainabilities: An analysis and a typology //Environmental politics. – 1996. – T. 5. – №. 3. – C. 401-428.
- 435 Dosi G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change //Research policy. – 1982. – T. 11. – №. 3. – C. 147-162.
- 436 Downing T. E. Ecodevelopment: An Alternative Future? //Human Organization. – 1978. – T. 37. – №. 2. – C. 213-218.
- 437 Dudareva O., Ivashinina T.B., Ageeva O.Yu., Mikhailov I. EFFICIENCY OF USE OF INNOVATIONS IN AGRICULTURE / В сборнике: Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020). 2020. C. 366-369.
- 438 Dudareva O., Kostyukhin Y., Savon D., Sidorova E., Vikhrova N. Current Problems of Digitalization in Russia: Lessons from De-Industrialization and Re-Industrialization. Proceedings of the 37th International Business Information Management Association Conference, IBIMA. Spain, 2021. C. 8922-8925.
- 439 Dudareva O., Kostyukhin Y., Savon D., Sidorova E., Vikhrova N. The Evaluation Algorithm of Commercial Activity of Industrial Enterprise. Proceedings of the 37th International Business Information Management Association Conference, IBIMA. Spain, 2021. C. 8913-8921.
- 440 Eck N. J., Waltman L. How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures //Journal of the American society for information science and technology. – 2009. – T. 60. – №. 8. – C. 1635-1651.
- 441 Eck N. J., Waltman L. VOSviewer Manual. Report. 24 January 2022. https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.18.pdf.
- 442 ECONOMIC ZONES IN THE ASEAN. INDUSTRIAL PARKS, SPECIAL ECONOMIC ZONES, ECO INDUSTRIAL PARKS, INNOVATION DISTRICTS AS STRATEGIES FOR INDUSTRIAL COMPETITIVENESS. UNIDO COUNTRY OFFICE IN VIET NAM AUGUST 2015. <https://www.unido.org/sites/default/files/2015->

08/UCO_Viet_Nam_Study_FINAL_0.pdf.

443 Elkington J. Enter the triple bottom line //The triple bottom line: Does it all add up. – 2004. – T. 11. – №. 12. – C. 1-16.

444 Elkington J. Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development //California management review. – 1994. – T. 36. – №. 2. – C. 90-100.

445 Emerson. <https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/operations-business-management/plantweb-digital-ecosystem>.

446 Epstein G. et al. Missing ecology: integrating ecological perspectives with the social-ecological system framework //International journal of the Commons. – 2013. – T. 7. – №. 2.

447 Figlioli A., Rush H., Sapsed J. Mind the Gap: New types of innovation habitats to help startups grow and scale faster: The Digital Catapult Centres in UK //BAM 2017. – 2017. – C. 0-0.

448 Fit for 55: delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0550>.

449 Fraccascia L., Albino V., Garavelli C. A. Technical efficiency measures of industrial symbiosis networks using enterprise input-output analysis //International Journal of Production Economics. – 2017. – T. 183. – C. 273-286.

450 Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Ecosystem indicators for measuring industrial symbiosis //Ecological economics. – 2021. – T. 183. – C. 106944.

451 Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Rethinking resilience in industrial symbiosis: conceptualization and measurements //Ecological Economics. – 2017. – T. 137. – C. 148-162.

452 Frew T. The mystery behind starling flocks explained. 2014. https://warwick.ac.uk/newsandevents/pressreleases/the_mystery_behind/.

453 Frosch R. A., Gallopoulos N. E. Strategies for manufacturing //Scientific American. – 1989. – T. 261. – №. 3. – C. 144-153.

454 Fukuda K. Science, technology and innovation ecosystem transformation toward Society 5.0 //International journal of production economics. – 2020. – T. 220. –

C. 107460.

455 FUZZY K-MEANS CLUSTERING IN EXCEL.
https://help.xlstat.com/s/article/fuzzy-k-means-clustering-in-excel?language=en_US.

456 Gao L. et al. Technology life cycle analysis method based on patent documents //Technological Forecasting and Social Change. – 2013. – T. 80. – №. 3. – C. 398-407.

457 Garg D., Narahari Y., Viswanadham N. Achieving sharp deliveries in supply chains through variance pool allocation //European Journal of Operational Research. – 2006. – T. 171. – №. 1. – C. 227-254.

458 Global SDG Index. <https://dashboards.sdgindex.org/downloads>.

459 Global Sustainable Development Report. United Nations. 2015.
<https://sustainabledevelopment.un.org/globalsdreport/2015>.

460 Godoy M. F., Ribas Filho D. Facing the BANI World //International Journal of Nutrology. – 2021. – T. 14. – №. 02. – C. e33-e33.

461 Goede D. M. Understanding robustness as an image of sustainable agriculture. – 2014.

462 Great Acceleration. From Wikipedia, the free encyclopedia.
https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Acceleration.

463 Grubbstrom R. W., Tang O. An overview of input-output analysis applied to production-inventory systems //Economic Systems Research. – 2000. – T. 12. – №. 1. – C. 3-25.

464 GUIDE FOR INDUSTRIAL SYMBIOSIS FACILITATORS.
<http://www.symbiosis.dk/en/inspiration/>.

465 Gunina I.A., Reshetov V.V., Logunova I.V., Pestov V.U., Dudareva O.V., Kalashnikova I.A. Improvement and Development of Human Resources of an Enterprise in the Context of the Digitalized Economy. Proceedings of the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020).

466 Handbook of Statistics 2021. The impacts of the COVID-19 pandemic.
<https://unctad.org/webflyer/handbook-statistics-2021>.

467 Harrigan W.H., Newman K.R. Bases of interorganizational cooperation:

Propensity, power //Journal of Management Studies. – 1990. – T. 274. – C. 417-434.

468 Held D. et al. The global transformations reader. – Cambridge: Polity Press, 2000. – T. 13.

469 Holling C. S. Resilience and stability of ecological systems //Annual review of ecology and systematics. – 1973. – T. 4. – №. 1. – C. 1-23.

470 Holling C. S., Gunderson L. H. Resilience and adaptive cycles //In: Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems, 25-62. – 2002.

471 Holzmann P. et al. Household Economy Approach, the Bk: A Guide for Programme Planners and Policy-Makers. – Save the Children UK, 2008.

472 Hotta K. Development of a coastal industrial zone in Tokyo Bay: A less successful project //Intercoast Network. – 1998. – №. 31. – C. 18.

473 Human Development Report 1990: Concept and Measurement of Human Development. UNDP. New York. <http://www.hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1990>.

474 Human Development Report 1991: Financing Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1991>.

475 Human Development Report 1992: Global Dimensions of Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1992>.

476 Human Development Report 1993. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1993>.

477 Human Development Report 1994: New Dimensions of Human Security. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1994>.

478 Human Development Report 1995: Gender and Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1995>.

479 Human Development Report 1996: Economic Growth and Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1996>.

480 Human Development Report 1997: Human Development to Eradicate Poverty. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1997>.

481 Human Development Report 1998: Consumption for Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1998>.

482 Human Development Report 1999: Globalization with a Human Face. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1999>.

483 Human Development Report 2000: Human Rights and Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2000>.

484 Human Development Report 2001: Making New Technologies Work for Human Development. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2001>.

485 Human Development Report 2002: Deepening Democracy in a Fragmented World. UNDP. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2002>.

486 Human Development Report 2010: The Real Wealth of Nations – Pathways to Human Development. New York. <http://hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2010>.

487 IaaS, SaaS, PaaS — обзор каждой модели, отличия, примеры и область применения. 2021. https://cloud.mts.ru/cloud-thinking/blog/iaas-saas-paas/?utm_source=googleadwords-search&utm_medium=cpc&utm_campaign=13707732422&utm_term=124745361032.%7Bphrase_id%7D.545324004873.&utm_content=sir.dinamica.google&gclid=Cj0KCQiAxoiQBhCRARIsAPsvo-x0mD-2OE9DkIVra3YZMkXK__HtKYzvSy9QzLqCUB-u5DVpGjeGnocAggcEALw_wcB.

488 Iansiti M., Levien R. Keystones and dominators: Framing the operational dynamics of business ecosystems // Boston, Estados Unidos. – 2002.

489 In-depth: Industry 4.0 2021. Statista Digital Market Outlook. June 2021.

490 Industrial Development Report 2002-2003. Competing Through Innovation and Learning. UNIDO. <https://doi.org/10.18356/94674506-en>.

491 Industrial Development Report 2004. Industrialization, Environment and the Millennium Development Goals in Sub-Saharan Africa – The New Frontier in the Fight against Poverty. UNIDO. <https://doi.org/10.18356/abe09ed5-en>.

492 Industrial Development Report 2005. Capability Building for Catching-up – Historical, Empirical and Policy Dimensions. UNIDO. <https://doi.org/10.18356/dc823237-en>.

493 Industrial Development Report 2009. Breaking In and Moving Up – New Industrial Challenges for the Bottom Billion and the Middle-Income Countries. UNIDO. <https://doi.org/10.18356/84d9a10d-en>.

494 Industrial Development Report 2011. Industrial Energy Efficiency for Sustainable Wealth Creation – Capturing Environmental, Economic and Social Dividends. UNIDO. <https://doi.org/10.18356/2361d4c0-en>.

495 Industrial Symbiosis in Helsingborg. <http://www.industriellekologi.se/symbiosis/helsingborg.html>.

496 Isenberg D. J. How to start an entrepreneurial revolution //Harvard business review. – 2010. – T. 88. – №. 6. – C. 40-50.

497 Isource. <https://www.isource.ru>.

498 Jacobides M., Cennamo C., Gawer A. Towards a Theory of Ecosystems. Strategic Management Journal. 2018. Vol.39, Issue 8, pp. 2255–2276.

499 Jamali M. Y. et al. Analysis of photovoltaic technology development based on technology life cycle approach //Journal of Renewable and Sustainable Energy. – 2016. – T. 8. – №. 3. – C. 035905.

500 Jovane et al. The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing. CIRP Annals – Manufacturing technology, 2008, 57, pp 641 – 659.

501 Kalundborg Bioenergy. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/kalundborg-bioenergi/>.

502 Kalundborg Eco-industrial Park. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/>.

503 Kalundborg Eco-industrial Park. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Kalundborg_Eco-industrial_Park.

504 Kalundborg Municipality. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/kalundborg-kommune/>.

505 Kalundborg Partners. <http://www.symbiosis.dk/en/>.

506 Kalundborg Refinery. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/kalundborg-refinery/>.

507 Kalundborg Symbiosis. Cooperation.

<http://www.symbiosis.dk/en/samarbejde/>.

508 Kalundborg Symbiosis. <http://www.symbiosis.dk/en/>.

509 Kalundborg Symbiosis. Projects. <http://www.symbiosis.dk/en/samarbejde/>.

510 Kalundborg Utility. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/kalundborg-forsyning/>.

511 Katina P. F., Keating C. B., Bradley J. M. The Role of 'Metasystem' in Engineering a System of Systems.

512 Keiyō Industrial Zone. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Keiyō_Industrial_Zone.

513 Kemp R. et al. Managing the transition to sustainable mobility //System innovation and the transition to sustainability: theory, evidence and policy. – 2004. – C. 137-167.

514 Kemp R., Schot J., Hoogma R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management //Technology analysis & strategic management. – 1998. – T. 10. – №. 2. – C. 175-198.

515 Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions //Resources, conservation and recycling. – 2017. – T. 127. – C. 221-232.

516 Klarin T. The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues //Zagreb International Review of Economics & Business. – 2018. – T. 21. – №. 1. – C. 67-94.

517 Klavans R., Boyack K. W. Identifying a better measure of relatedness for mapping science //Journal of the American Society for Information Science and Technology. – 2006. – T. 57. – №. 2. – C. 251-263.

518 Klijn E. H., Teisman G. R. Effective policy making in a multi-actor setting: networks and steering //Autopoiesis and configuration theory: New approaches to societal steering. – Springer, Dordrecht, 1991. – C. 99-111.

519 Klir J. Systemotology //Automation solutions of system tasks (Системология. Автоматизация решения системных задач). Radio and Coomunication. – 1990.

520 Korhonen J. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem //Journal of Cleaner production. – 2001. – T. 9. – №. 3. – C. 253-259.

521 Korhonen J. Industrial ecosystem: using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system. – University of Jyväskylä, 2000. – №. 5.

522 Korhonen J. On Industrial Ecosystem Case Studies. <https://www.yumpu.com/en/document/view/27644213/on-industrial-ecosystem-case-studies-eth-zurich-natural-and->

523 Korhonen J. Theory of industrial ecology : the case of concept of diversity. Progress in industrial ecology, 2005, 2:1, pp 35-77.

524 Korhonen J., Baumgartner R. J. The industrial ecosystem balanced scorecard //International Journal of Innovation and Sustainable Development. – 2009. – T. 4. – №. 1. – C. 24-42.

525 Korhonen J., Snäkin J. P. Analysing the evolution of industrial ecosystems: concepts and application //Ecological Economics. – 2005. – T. 52. – №. 2. – C. 169-186.

526 Korhonen J., Wihersaari M., Savolainen I. Industrial ecosystem in the Finnish forest industry: using the material and energy flow model of a forest ecosystem in a forest industry system //Ecological Economics. – 2001. – T. 39. – №. 1. – C. 145-161.

527 Kuhn Thomas S. The Structure of Scientific Revolutions. 1962.

528 Lebel L. et al. Governance and the capacity to manage resilience in regional social-ecological systems //Ecology and society. – 2006. – T. 11. – №. 1.

529 Leydesdorff L. The relations between qualitative theory and scientometric methods in science and technology studies: introduction to the topical issue //Scientometrics. – 1989. – T. 15. – №. 5-6. – C. 333-347.

530 Lidköping Industrial Symbiosis Network. <http://www.industriellekologi.se/symbiosis/lidkoping.html>.

531 Lin D. et al. Using technological entropy to identify technology life cycle //Journal of Informetrics. – 2021. – T. 15. – №. 2. – C. 101137.

532 Liu C. Y., Wang J. C. Forecasting the development of the biped robot walking technique in Japan through S-curve model analysis //Scientometrics. – 2010. – T. 82. – №. 1. – C. 21-36.

533 Lopez-Gomez, C., Castaneda-Navarrete, J., Tong, Y.S. и Leal-Ayala, D., 2021. Adding the Resilience Dimension to Industrial Policy: Lessons from COVID-19. Справочный документ, подготовленный для Доклада о промышленном развитии за 2022 год. ЮНИДО.

534 Loreau M., Mouquet N., Holt R. D. Meta-ecosystems: a theoretical framework for a spatial ecosystem ecology //Ecology Letters. – 2003. – Т. 6. – №. 8. – С. 673-679.

535 Lunden I. CausaLens gets \$45M for no-code technology that introduces cause and effect into AI decision making. 2022. https://techcrunch.com/2022/01/28/causalens-gets-45m-for-no-code-technology-that-introduces-cause-and-effect-into-ai-decision-making/?_guc_consent_skip=1644167563.

536 Maier M. W. Architecting principles for systems-of-systems //Systems Engineering: The Journal of the International Council on Systems Engineering. – 1998. – Т. 1. – №. 4. – С. 267-284.

537 Maier, M. W. Architecting Principles for Systems-of-Systems INCOSE International Symposium, 1996. Vol. 6, Issue 1, doi: 10.1002/j.2334-5837.1996.tb02054.x.

538 Majima H., Suzuki A. Identities for entropy change associated with the time-evolution of an open system //Foundations of Physics. – 2015. – Т. 45. – №. 8. – С. 914-922.

539 Mamoune A., Yassine A. Creating an inductive model of industrial development with optimized flows for reducing its environmental impacts //Energy Procedia. – 2011. – Т. 6. – С. 396-403.

540 Manganello K. Will Industry 5.0 really be revolutionary? URL: <https://www.thomasnet.com/insights/will-industry-5-0-really-be-revolutionary/>.

541 McGinnis M. D., Ostrom E. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges //Ecology and society. – 2014. – Т. 19. – №. 2.

542 McNeill J. R. The great acceleration. – Harvard University Press, 2016.

543 Monroy-Sais S. et al. Ecological variability and rule-making processes for forest management institutions: a social-ecological case study in the Jalisco coast, Mexico //International Journal of the Commons. – 2016. – Т. 10. – №. 2.

- 544 Moore G. E. et al. Cramming more components onto integrated circuits. – 1965.
- 545 Moore J. F. Predators and prey: a new ecology of competition //Harvard business review. – 1993. – T. 71. – №. 3. – C. 75-86.
- 546 Moore J. F. The death of competition: leadership and strategy in the age of business ecosystems. – HarperCollins, 2016.
- 547 Moret W. Vulnerability assessment methodologies: A review of the literature //Washington, DC: FHI. – 2014. – T. 360.
- 548 Nachira F. Towards a network of digital business ecosystems fostering the local development. – 2002.
- 549 Nacke O. Informetrie: eine neuer Name für eine neue Disziplin. Nachrichten für Dokumentation. 1979. № 30 (6), pp. 219-226.
- 550 Nahavandi S. Industry 5.0—A human-centric solution //Sustainability. – 2019. – T. 11. – №. 16. – C. 4371.
- 551 Nazilin V. S., Chernova V. S., Stepanenko D. A. DIGITAL MARKET DEVELOPMENT PROSPECTS: HUANG LAW VS MOORE'S LAW. – 2021.
- 552 Nie Y., Lv T., Gao J. Co-evolution entropy as a new index to explore power system transition: A case study of China's electricity domain //Journal of Cleaner Production. – 2017. – T. 165. – C. 951-967.
- 553 Nordic Circular Hubs. <http://nordicsymbiosis.com>, <https://nordiccirculararena.com/topics/25391>, <https://www.nordicinnovation.org/programs/nordic-circular-hubs>.
- 554 Noronha J. Scavengers and decomposers in an industrial park system: a case study of Burnside Industrial Park : дис. – Master's Thesis, Dalhousie University, Halifax, NS, Canada, 1999.
- 555 Norrköping Industrial Symbiosis Network. <http://www.industriellekologi.se/symbiosis/norrkoping.html>.
- 556 Novo Nordisk. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/novo-nordisk/>.
- 557 Novozymes. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/novozymes/>.
- 558 NVIDIA. <https://www.nvidia.com/ru-ru/about-nvidia/ai-computing>.

559 Olhager J., Selldin E. Supply chain management survey of Swedish manufacturing firms //International Journal of Production Economics. – 2004. – T. 89. – №. 3. – C. 353-361.

560 Ørsted. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/Ørsted/>.

561 Ostrom E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems //Science. – 2009. – T. 325. – №. 5939. – C. 419-422.

562 Our Common Future. WCED, United Nations World Commission on Environment and Development. 1987. Retrieved September 21, 2015. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>.

563 Parida V. et al. Orchestrating industrial ecosystem in circular economy: A two-stage transformation model for large manufacturing companies //Journal of business research. – 2019. – T. 101. – C. 715-725.

564 PARIS AGREEMENT. UNITED NATIONS. 2015. https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.

565 Pearce D. Tourism Development. London: Harlow. 1989.

566 Peters H. P. F., Braam R. R., van Raan A. F. J. Cognitive resemblance and citation relations in chemical engineering publications //Journal of the American Society for Information Science. – 1995. – T. 46. – №. 1. – C. 9-21.

567 Peters H. P. F., Van Raan A. F. Co-word-based science maps of chemical engineering. Part I: Representations by direct multidimensional scaling //Research Policy. – 1993. – T. 22. – №. 1. – C. 23-45.

568 Pilinkienė V., Mačiulis P. Comparison of different ecosystem analogies: The main economic determinants and levels of impact //Procedia-social and behavioral sciences. – 2014. – T. 156. – C. 365-370.

569 Pimm S. L., Pimm S. L. The balance of nature?: ecological issues in the conservation of species and communities. – University of Chicago Press, 1991.

570 Popov E. V. Econotronics //Ekonomika regiona. – 2018. – №. 1. – C. 13.

571 Prigogine I. Time, structure, and fluctuations //Science. – 1978. – T. 201. – №. 4358. – C. 777-785.

572 Prototype Global Sustainable Development Report. United Nations. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, July 2014.
<https://sustainabledevelopment.un.org/globalsdreport/2014>.

573 Ramirez R., Wilkinson A. Strategic reframing: The Oxford scenario planning approach. – Oxford University Press, 2016.

574 RE Energy. <http://www.symbiosis.dk/en/re-energy/>.

575 Remuzgo L., Trueba C., Sarabia J. M. Evolution of the global inequality in greenhouse gases emissions using multidimensional generalized entropy measures //Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2016. – T. 444. – C. 146-157.

576 Research Intelligence. ELSEVIER. <https://www.elsevier.com/research-intelligence>.

577 Riesener M., Dölle C., Kuhn M. Innovation ecosystems for industrial sustainability //Procedia CIRP. – 2019. – T. 80. – C. 27-32.

578 Rothschild M. Bionomics. Economy as Ecosystem. NY.: Henry Holt and Company Inc., 1990. 423 p.

579 Sachs I. Población, tecnologías, recursos naturales y medio ambiente: codesarrollo, un aporte a la definición de estilos de desarrollo para América Latina= Population, technology, natural resources and the environment: eco-development, a contribution to the definition of development styles for Latin America. – 1973.

580 Sachs J. D. The age of sustainable development. – Columbia University Press, 2015.

581 Saint-Gobain Gyproc. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/saint-gobain-gyproc/>.

582 Saleh M., Abel M. H. Moving from digital ecosystem to system of information systems //2016 IEEE 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD). – IEEE, 2016. – C. 91-96.

583 Salton G. Associative document retrieval techniques using bibliographic information //Journal of the ACM (JACM). – 1963. – T. 10. – №. 4. – C. 440-457.

584 Salton G., McGill M. J. Introduction to modern information retrieval. –

mcgraw-hill, 1983.

585 Santos R. et al. Informetric analysis and review of literature on the role of BIM in sustainable construction //Automation in Construction. – 2019. – T. 103. – C. 221-234.

586 Sardar Z. Welcome to postnormal times //Futures. – 2010. – T. 42. – №. 5. – C. 435-444.

587 SDG Global Database. <https://unstats.un.org/sdgs/unsdg>.

588 Shannon C. E. A mathematical theory of communication //The Bell system technical journal. – 1948. – T. 27. – №. 3. – C. 379-423.

589 Shenyang Development Area. <http://www.shenyang.gov.cn/english/>.

590 Shi X., Li X. A symbiosis-based life cycle management approach for sustainable resource flows of industrial ecosystem //Journal of Cleaner Production. – 2019. – T. 226. – C. 324-335.

591 Shkarupeta E. et al. Strategies for Developing Competencies for the VUCA World //3rd International Conference Spatial Development of Territories (SDT 2020). – Atlantis Press, 2021. – C. 362-366.

592 Shkarupeta E.V., Dudareva O.V. Practical Cases of Sustainable Development of Industrial Ecosystems / Topical Areas of Fundamental and Applied Research XXV. Publisher: Lulu Press, Inc. 627 Davis Drive, Suite 300, Morrisville, NC, USA 27560. 2021. Pp. 169-173.

593 Small H., Sweeney E. Clustering the science citation index® using co-citations //Scientometrics. – 1985. – T. 7. – №. 3. – C. 391-409.

594 Small H., Sweeney E., Greenlee E. Clustering the Science Citation Index using co-citations. II. Mapping science //Scientometrics. – 1985. – T. 8. – №. 5-6. – C. 321-340.

595 Smith A. The wealth of nations [1776]. 1937.

596 Sommer Klaus H. Study and portfolio review of the projects on industrial symbiosis in DG Research and Innovation: Findings and recommendations industrial symbiosis. 2020.

597 Song H. et al. Fraud vulnerability quantitative assessment of Wuchang rice

industrial chain in China based on AHP-EWM and ANN methods //Food Research International. – 2021. – T. 140. – C. 109805.

598 Steffen W. et al. The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration //The Anthropocene Review. – 2015. – T. 2. – №. 1. – C. 81-98.

599 Stosic D. et al. Foreign exchange rate entropy evolution during financial crises //Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2016. – T. 449. – C. 233-239.

600 Study and portfolio review of the cluster of projects on industrial symbiosis in the Directorate for Prosperity in DG Research and Innovation: Findings and recommendations. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f26dfd11-6288-11ea-b735-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-120515772>.

601 Suárez-Eiroa B. et al. Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice //Journal of cleaner production. – 2019. – T. 214. – C. 952-961.

602 Symbiosis Center Denmark. <https://symbiosecenter.dk/en/sharing-knowledge/>.

603 Symbiosis Readiness Level. <http://www.symbiosis.dk/en/inspiration/>.

604 Szplit A. Zachowania makro-i mikroadaptacyjne nauczycieli nauczycieli jako reakcja na złożoność sytuacji dydaktycznej //Rocznik Andragogiczny. – 2021. – T. 28. – C. 59-71.

605 Tansley A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms //Ecology. – 1935. – T. 16. – №. 3. – C. 284-307.

606 Taylor M., Taylor A. The technology life cycle: Conceptualization and managerial implications //International journal of production economics. – 2012. – T. 140. – №. 1. – C. 541-553.

607 The UNIDO Industrial Analytics Platform. <https://iap.unido.org>.

608 Thomas K. The structure of scientific revolutions //International Encyclopedia of Unified Science. – 1962. – T. 2. – №. 2.

609 Tolstykh T. et al. Regional development in Russia: An ecosystem approach to territorial sustainability assessment //Sustainability. – 2020. – T. 12. – №. 16. – C. 6424.

610 Tolstykh T. et al. The entropy model for sustainability assessment in industrial

ecosystems //Inventions. – 2020. – Т. 5. – №. 4. – С. 54.

611 Tolstykh T.O., Shkarupeta E.V., Shishkin I.A., Dudareva O.V., Golub N.N. EVALUATION OF THE DIGITALIZATION POTENTIAL OF REGION'S ECONOMY / Advances in Intelligent Systems and Computing (см. в книгах). 2018. Т. 622. С. 736-743.

612 Tsujimoto M. et al. A review of the ecosystem concept—Towards coherent ecosystem design //Technological Forecasting and Social Change. – 2018. – Т. 136. – С. 49-58.

613 Tyreman Group планирует разработать цифровую платформу промышленного симбиоза. 2020. <https://tyreman.ru/tpost/z0fbgma0ex-tyreman-group-planiruet-razrabotat-tsifr>.

614 U.N. SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IN 2021: PUBLIC OPINION ON PRIORITIES AND STAKEHOLDERS' COMMITMENT. 28-Country Ipsos survey for The World Economic Forum. Conducted April 23 – May 7, 2021. https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2021-05/April-May%202021%20-%20WEF%20-%20UN%20SDGs%20Report_0.pdf.

615 UNCTAD. Publications. <https://unctad.org/publications>.

616 Unibio. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/unibio/>.

617 UNIDO. Publications. <https://www.unido.org/researchers/publications>.

618 Union mondiale pour la nature. World conservation strategy: Living resource conservation for sustainable development. – IUCN-UNEP-WWF, 1980.

619 University of North Carolina. Camden country green industrial park feasibility study. URL: <http://wvzw.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/Uo723423.pdf>.

620 Valenzuela F., Böhm S. Against wasted politics: A critique of the circular economy //Ephemera: theory & politics in organization. – 2017. – Т. 17. – №. 1. – С. 23-60.

621 ValueWaste. <https://valuewaste.eu>.

622 Vietnam Singapore Industrial Park I. <https://www.vsip.com.vn>.

623 Wang D. et al. Assessing industrial ecosystem vulnerability in the coal mining

area under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 142. – С. 4019-4031. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616316584>.

624 Wang D. et al. Comparing the vulnerability of different coal industrial symbiosis networks under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 149. – С. 636-652.

625 Wang D., Wan K., Song X. Coal miners' livelihood vulnerability to economic shock: Multi-criteria assessment and policy implications //Energy Policy. – 2018. – Т. 114. – С. 301-314.

626 Wareham J., Fox P. B., Cano Giner J. L. Technology ecosystem governance //Organization science. – 2014. – Т. 25. – №. 4. – С. 1195-1215.

627 Wehrl A. General properties of entropy //Reviews of Modern Physics. – 1978. – Т. 50. – №. 2. – С. 221.

628 Wirth D. A. Парижское Соглашение: Новый Компонент Климатического Режима ООН (The Paris Agreement as a New Component of the UN Climate Regime) //Вестник международных организаций. – 2017. – Т. 12. – №. 4.

629 World Development Report 1990: poverty. World Bank Group. <https://documents.vsemirnyjbank.org/ru/publication/documents-reports/documentdetail/424631468163162670/world-development-report-1990-poverty>.

630 World Development Report 1991: the challenge of development. World Bank Group. <https://documents.vsemirnyjbank.org/ru/publication/documents-reports/documentdetail/888891468322730000/world-development-report-1991-the-challenge-of-development>.

631 World Development Report 1992: development and the environment. World Bank Group. <https://documents.vsemirnyjbank.org/ru/publication/documents-reports/documentdetail/995041468323374213/world-development-report-1992-development-and-the-environment>.

632 World Development Report 1993: investing in health. World Bank Group. <https://documents.vsemirnyjbank.org/ru/publication/documents-reports/documentdetail/468831468340807129/world-development-report-1993-investing-in-health>.

633 World Development Report 2013: Jobs. Washington, DC. World Bank.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/11843>.

634 World Development Report 2014: Risk and Opportunity—Managing Risk for Development. Washington, DC. World Bank.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/16092>.

635 World Development Report 2017 : governance and the law : Main report (English). World Development Report Washington, D.C. World Bank Group.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/774441485783404216/Main-report>.

636 Wright R. A. et al. Diversity and connectance in an industrial context: The case of Burnside Industrial Park //Journal of Industrial Ecology. – 2009. – Т. 13. – №. 4. – С. 551-564.

637 Xie S. et al. Evaluating and visualizing QoS of service providers in knowledge-intensive crowdsourcing: a combined MCDM approach //International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics. – 2021.

638 Yawson R. M. The ecological system of innovation: A new architectural framework for a functional evidence-based platform for science and innovation policy //The Future of Innovation Proceedings of the XXIV ISPIM 2009 Conference, Vienna, Austria. – 2009.

639 Yazan D. M. Constructing joint production chains: An enterprise input-output approach for alternative energy use //Resources, conservation and recycling. – 2016. – Т. 107. – С. 38-52.

640 Yazan D. M., Romano V. A., Albino V. The design of industrial symbiosis: an input–output approach //Journal of cleaner production. – 2016. – Т. 129. – С. 537-547.

641 Zaoual A. R., Lecocq X. Orchestrating circularity within industrial ecosystems: Lessons from iconic cases in three different countries //California Management Review. – 2018. – Т. 60. – №. 3. – С. 133-156.

642 Zenina G., Gunina I., Narolina T., Pahomova Y., Dudareva O. Development of Human Capital in the Context of Digital Transformation / В сборнике: Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 – Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation

Management, and Global Growth. 2017. C. 4297-4303.

643 Zhifei L., Qianru C., Hualin X. Comprehensive evaluation of farm household livelihood assets in a western mountainous area of China: A case study in Zunyi City //Journal of Resources and Ecology. – 2018. – T. 9. – №. 2. – C. 154-163.

644 Zhu J., Ruth M. Exploring the resilience of industrial ecosystems //Journal of environmental management. – 2013. – T. 122. – C. 65-75.

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Акты внедрения



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «ФЕНЦИ»
Коста Франческо
М.П.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКОГО МЕРОПРИЯТИЯ

«МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ
ЭКОСИСТЕМЫ»

АВТОРЫ МЕТОДИКИ:	от ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»: — к.э.н., доцент ДУДАРЕВА Ольга Владимировна; — д.э.н., доцент ШКАРУПЕТА Елена Витальевна; — к.э.н., доцент ДУДАРЕВ Дмитрий Николаевич; — аспирант АРАКЧЕЕВ Дмитрий Владимирович; — аспирант МОСИЕНКО Андрей Владимирович; — аспирант ИЛЬИНА Екатерина Алексеевна
ОБЪЕКТ ВНЕДРЕНИЯ:	ООО «ФЕНЦИ» Липецкая область, Грязинский район, с. Казинка, территория Федеральной ОЭЗ ППТ «Липецк»
ГРАНТ:	Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) 20-010-00942 А «Стратегическое управление цифровым потенциалом сложных экономических систем на основе платформенной концепции: теория, инструментарий и практические приложения», 2020-2022 гг.

Общество с ограниченной ответственностью «ФЕНЦИ»

ИНН/КПП 4802011396/480201001 ОГРН 1084802000392 ОКПО 85327794 ОКВЭД 20 30 2

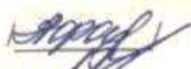
р/с 40702810600490010400, и/с 30101810220070000800 БИК 042007800, ф-л Банка ГПБ (АО) «Центрально-Черноземный» г. Воронеж 399071, Липецкая область, Грязинский район, с. Казинка, территория ОЭЗ ППТ «Липецк», здание 12

fenzirussia.com info@fenzirussia.com тел. +7(4742) 287-226, 287-256



РЕЗУЛЬТАТЫ:	—разработана методика оценки зрелости промышленной экосистемы; —разработана шкала оценки зрелости промышленной экосистемы; —проведена апробация методики на объекте Федеральной особой экономической зоны промышленно-производственного типа «Липецк»; —предложены ключевые направления повышения зрелости Федеральной особой экономической зоны промышленно-производственного типа «Липецк»
ДАТЫ ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНОЙ РАЗРАБОТКИ:	Декабрь 2020 года – сентябрь 2021 года
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ:	повышение уровня цифровой зрелости способствует: —изменению комбинации факторов (трудоемкие против капиталоемких); —росту производительности труда; —снижению транзакционных издержек из-за информационной асимметрии, снижения информационных барьеров, усиления конкуренции и расширения торговых отношений

Представители организации:

_____ Главный бухгалтер Афанасьева Л.И. 

_____ Главный инженер Жеребной В.А. / 

Общество с ограниченной ответственностью «ФЕНЗИ»

ИНН/КПП 4802011396/480201001 ОГРН 1084802000392 ОКПО 85327794 ОКВЭД 20.30.2

р/с 40702810600490010400, к/с 30101810220070000500 БИК 042007500, ф-л Банка ГТБ (АО) «Центрально-Черноземный» г. Воронеж 309071, Липецкая область, Грязинский район, с. Казинка, территория ОЗЗ ППТ «Липецк», здание 12

fenzi.ru/office, info@fenzi.ru/office, tel. +7(4742) 287-226, 267-256



ООО «Кемин Индастриз (Липецк)»
Российская Федерация
399071, Липецкая область,
Грязинский район, с. Казинка,
ОЭЗ ППТ «Липецк», здание 18
Тел.: +7 (4742) 50-24-00
www.kemin.com

УТВЕРЖДАЮ

Операционный директор по России и СНГ

ООО «Кемин Индастриз (Липецк)»

А.Н. Авсенин

М.П.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКОГО МЕРОПРИЯТИЯ

«МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ЗРЕЛОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ»

Авторы методики: от ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»:
— к.э.н., доцент ДУДАРЕВА Ольга Владимировна;
— д.э.н., доцент ШКАРУПЕТА Елена Витальевна;
— к.э.н., доцент ДУДАРЕВ Дмитрий Николаевич;
— аспирант АРАКЧЕЕВ Дмитрий Владимирович;
— аспирант МОСИЕНКО Андрей Владимирович;
— аспирант ИЛЬИНА Екатерина Алексеевна

ОБЪЕКТ ВНЕДРЕНИЯ: ООО «Кемин Индастриз (Липецк)»
Липецкая область, Грязинский район, с. Казинка,
территория Федеральной ОЭЗ ППТ «Липецк»

ГРАНТ: Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) 20-010-00942 А «Стратегическое управление цифровым потенциалом сложных экономических систем на основе платформенной концепции: теория, инструментарий и практические приложения», 2020-2022 гг.

ОГРН 1154827008192, ИНН/КПП 4802000997/480201001

р/с 40702810400001005257 в ИНГ БАНК (ЕВРАЗИЯ) АО, г. Москва,
БИК 044525222, к/с 30101810500000000222

«02» декабря 2021 г.
 _____ / Авсенин А. Н. /
 Подпись ФИО

р/с 40702610400001005257 в ИНГ БАНК (ЕВРАЗИЯ) АО, г. Москва,
БИК 044525222, к/с 30101810500000000222



Общество с ограниченной ответственностью
«ППГ Индастриз Липецк»
(ООО «ППГ Индастриз Липецк»)
Липецкая обл., Грязинский район,
с. Казинка, терр. ОЭЗ ППТ «Липецк», зд. 43
тел 8-4742-42-30-00
e-mail: PPG_LipetskPlant@ppg.com

ОКПО 11199068, ОГРН 1134802000300,
ИНН/КПП 4802024540/ 480201001

«УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «ППГ Индастриз Липецк»
О.А. Валуев
М.П.



**АКТ ВНЕДРЕНИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКОГО МЕРОПРИЯТИЯ
«МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ
ЭКОСИСТЕМЫ»**

АВТОРЫ МЕТОДИКИ:	от ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»: — к.э.н., доцент ДУДАРЕВА Ольга Владимировна; — д.э.н., доцент ШКАРУПЕТА Елена Витальевна; — к.э.н., доцент ДУДАРЕВ Дмитрий Николаевич; — аспирант АРАКЧЕЕВ Дмитрий Владимирович; — аспирант МОСИЕНКО Андрей Владимирович; — аспирант ИЛЬИНА Екатерина Алексеевна
ОБЪЕКТ ВНЕДРЕНИЯ:	ООО «ППГ Индастриз Липецк» Липецкая область, Грязинский район, с. Казинка, территория Федеральной ОЭЗ ППТ «Липецк»
РЕЗУЛЬТАТЫ:	— разработана методика оценки зрелости промышленной экосистемы; — разработана шкала оценки зрелости промышленной экосистемы; — проведена апробация методики на объекте Федеральной особой экономической зоны промышленно-производственного типа «Липецк»;

	— предложены ключевые направления повышения зрелости Федеральной особой экономической зоны промышленно-производственного типа «Липецк»
ДАТЫ ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНОЙ РАЗРАБОТКИ:	Декабрь 2020 года – сентябрь 2021 года
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ:	повышение уровня цифровой зрелости способствует: — изменению комбинации факторов (трудоемкие против капиталоемких); — росту производительности труда; — снижению транзакционных издержек из-за информационной асимметрии, снижения информационных барьеров, усиления конкуренции и расширения торговых отношений

ПРЕДСТАВИТЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ:

 финансовый контролер Телялькова М.В.

 менеджер по охране труда, промышленной безопасности и экологии Латышева Н.И.

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «ПК РАЦИОНАЛ»
А. С. Калиничев
М.П.




Акт внедрения экономического мероприятия

Наименование мероприятия:

- методология количественной оценки уязвимости промышленной экосистемы и сравнение уязвимости различных факторов промышленной экосистемы в условиях экономических колебаний;
- алгоритм моделирования уязвимости промышленной экосистемы;
- формирование модели управления уязвимостью промышленной экосистемы с учетом целей в области социальной и экологической ответственности, корпоративного управления и устойчивого развития.

Автор разработки:

от ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» – к.э.н., доцент кафедры экономической безопасности Дударева Ольга Владимировна

Наименование объекта внедрения:

ООО «ПК РАЦИОНАЛ», Липецкая область, Грязинский район, с. Казинка, территория Федеральной ОЭЗ ППТ «Липецк»

Краткое описание и преимущества внедренного мероприятия:

- количественную оценку уязвимости промышленных систем рекомендуется проводить на основе разработанной методологии по следующим проекциям: риски экономических колебаний, чувствительность, устойчивость, стабильность;
- предложенный алгоритм моделирования уязвимости промышленной экосистемы основан на концепции промышленного симбиоза и обеспечивает новое представление о том, как измерять и оценивать показатели эффективности промышленной коллаборации;

рационал | КОТЕЛЬНЫЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ

– модель управления уязвимостью промышленной экосистемы выстраивается на приоритетном интегрировании экосистемного, циркулярного и созидательного подходов, что позволит содействовать всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям.

Экономический эффект:

– управление уязвимостью промышленной экосистемы способствует повышению производительности сети, снижению рисков, а также уменьшению и предотвращению ущерба населению и окружающей среде.

Представитель организации:



Генеральный директор, Калинин А. С., 03.12.2021

ООО Производственный комплекс РАЦИОНАЛ
Особая экономическая зона ППТ Липецк,
Здание 14, Липецкая область, Россия, 399071

Тел +7 (4742) 51-91-01
E-mail: info-ru@razional.ru
www.razional.com

ИНН 4802011029
КПП 480201001
р/с 40702810900014658416

АО «ЮНИКРЕДИТ БАНК» г. Москва
Корр. счет 30101810300000000545
БИК 044525545



ООО «ШАНС ЭНТЕРПРАЙЗ»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «Шанс Эntерпрайз»

Н.В. Сидельников



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКОГО МЕРОПРИЯТИЯ

«МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ»

АВТОР МЕТОДИКИ:	к.э.н., доцент ДУДАРЕВА Ольга Владимировна
ОБЪЕКТ ВНЕДРЕНИЯ:	ООО «Шанс Эntерпрайз» Липецкая область, Елецкий район, Территория ОЭЗ ППТ Липецк, здание 1, офис 15
РЕЗУЛЬТАТЫ:	Методика оценки уязвимости промышленной экосистемы была применена в деятельности ООО «Шанс Эntерпрайз» в декабре 2020 г. – сентябре 2021 года, признана целесообразной и рекомендована к применению в действующей системе
ДАТЫ ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНОЙ РАЗРАБОТКИ:	Декабрь 2020 года – сентябрь 2021 года
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ:	Эффект от снижения уровня уязвимости оценен в 15,56 млн руб. ежегодно

Генеральный директор

Н.В. Сидельников

07.12.2021г.

ИНН 480 704 0182 КПП 480 701 001
Р/С 40702810102930002259
К/С 30101810200000000593
АО «Альфа-Банк»

399750 Липецкая область, район Елецкий,
территория ОЭЗ ППТ Липецк, здание 1,
офис 15
+7 906-675-49-50



Специалисты по опалубке.

ООО "Дока Липецк"

399071 Российская Федерация г. Липецкая область
Григорьевский муниципальный район
Территория ОЗЗ ППТ «Липецк» Г. здание 2, офис 204

+7 4742 24 30 26

lipetsk@doka.com

www.doka.com

Акт внедрения научной разработки

Руководство ООО «Дока Липецк» (Липецкая область, РФ) подтверждает, что Дударева Ольга Владимировна внесла предложения, связанные с переходом субъектов Федеральной особой экономической зоны промышленно-производственного типа «Липецк» к «умному» производству в условиях цифровизации на основе единой промышленной платформы. Выводы автора получили одобрение и были рекомендованы в процесс управления. Запланированный экономический эффект от внедрения цифровизации и платформизации составит 5 (пять) миллионов рублей.

Представитель организации:



А.Н. Гусев

Генеральный директор
ООО «Дока Липецк»

Утверждаю
И.о. проректора по учебной работе
ФГБОУ ВО «ВГТУ»

« 03 » _____ 2022 г.
А.И. Колосов



А К Т
о внедрении результатов
диссертации в учебный процесс
Воронежского государственного технического университета

Результаты докторской диссертации «Управление устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций», автор к.э.н., доцент кафедры экономической безопасности ФГБОУ ВО «ВГТУ» Дударева Ольга Владимировна, научный консультант д.э.н., профессор кафедры цифровой и отраслевой экономики ФГБОУ ВО «ВГТУ» Шкарупета Елена Витальевна, выполненной в Воронежском государственном техническом университете кафедрой экономической безопасности в рамках основного научного направления «Управление инновационной деятельностью предприятий и коммерциализация инновационно-инвестиционных проектов» в период с «20» мая 2021 г. по «28» февраля 2022 г., внедрены в учебный процесс ВГТУ на основании решения кафедры экономической безопасности.

1. Вид результатов, внедренных в учебный процесс:

- Теоретический подход к развитию экосистем в условиях технологических трансформаций.
- Конвергентная парадигма устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.
- Мультиметодная методология управления устойчивым развитием промышленных экосистем.
- Механизм оркестрации устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.
- Алгоритм трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние.

2. Область применения: направление 27.04.06 "Организация и управление наукоемкими производствами", магистерская программа "Менеджмент наукоемкого производства", квалификация магистр, срок освоения 2 года, форма обучения очная, дисциплина «Технико-экономическое обоснование инновационных проектов», 2 курс, группа мМНП-201, лекции, курсовая работа

3. Форма внедрения: курс лекций (тема №1 «Современные особенности управления инновационным развитием на основе проектного подхода», тема №4 «Оценка эффективности инновационных проектов»), курсовая работа (в части разработки рекомендаций по совершенствованию управления инновационными проектами)

4. Технический уровень (государственное или общественное признание): не рассматривается

5. Основные публикации по теме диссертации:

- Дударева О.В. Методологические аспекты оценки рисков уязвимости промышленных экосистем в целях повышения устойчивости // Организатор производства. 2022. №1.
- Дударева О.В. Управление уязвимостью промышленных экосистем в интересах устойчивого развития // Организатор производства. 2021. Т. 29. №4. С. 77-84.

- Шкарупета Е.В., Дударева О.В. Методика оценки уровня цифровой зрелости экономической системы // ФЭС: Финансы. Экономика. 2021. Т. 18. № 4. С. 55-59.
- Дударева О.В., Дударев Д.Н., Гончаров А.Ю. Модель оценки динамики зрелости промышленных экосистем // Наука Красноярья. 2021. Т. 10. № 1. С. 38-54.
- Шкарупета Е.В., Дударева О.В., Филатова М.В., Беккиев А.Ю. Методология устойчивого развития промышленных экосистем // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 377-382.
- Дударева О.В., Аракчеев Д.В., Дударев Д.Н. Концептуальные аспекты перехода к умному производству в условиях цифровизации // Организатор производства. 2020. Т. 28. №4. С. 7-15.

6. Эффект от внедрения

а) повышение качества образования: развитие инструментария компетенции СПК-2 владением методами технико-экономических расчетов наукоемкого производства и обоснования выбора инвестиционных проектов

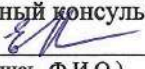
б) социальный: не рассматривается

в) экономический: не рассматривается

Руководитель основного научного направления

 Свиридова С.В.
(подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

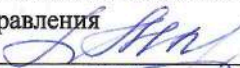
Научный консультант

 Шкарупета Е.В.
(подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

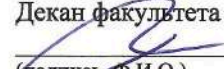
Автор

доцент, к.э.н.  Дударева О.В.
(должность, уч. степень, подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

Начальник Учебно-методического управления

 Мышовская Л.П.
(подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

Декан факультета

 Баркалов С.А.
(подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

Заведующий кафедрой

 Свиридова С.В.
(подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

Утверждаю

И.о. проректора по учебной работе
ФГБОУ ВО «ВГТУ»

ФІЛІПОВ БУ «БІЛІУ»

И. Колосов

2022 г.

AKT

о внедрении результатов

диссертации в учебный процесс

Воронежского государственного технического университета

Результаты докторской диссертации «Управление устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций», автор к.э.н., доцент кафедры экономической безопасности ФГБОУ ВО "ВГТУ" Дударева Ольга Владимировна, научный консультант д.э.н., профессор кафедры цифровой и отраслевой экономики ФГБОУ ВО "ВГТУ" Шкарупета Елена Витальевна, выполненной в Воронежском государственном техническом университете кафедрой экономической безопасности в рамках основного научного направления «Управление инновационной деятельностью предприятий и коммерциализация инновационно-инвестиционных проектов» в период с «20» мая 2021 г. по «28» февраля 2022 г., внедрены в учебный процесс ВГТУ на основании решения кафедры экономической безопасности.

1. Вид результатов, внедренных в учебный процесс:

- Теоретический подход к развитию экосистем в условиях технологических трансформаций.
- Конвергентная парадигма устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.
- Мультиметодная методология управления устойчивым развитием промышленных экосистем.
- Механизм оркестрации устойчивого развития промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций.
- Алгоритм трансформации промышленной экосистемы в устойчивое состояние.

2. Область применения: направление подготовки 27.03.05 "Инноватика", профиль "Управление инновациями в наукоемком производстве", квалификация бакалавр, срок освоения 4 года, форма обучения очная и заочная, дисциплина «Бизнес-планирование инновационного проекта», 3-4 курс, группа пУНП-191, лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовой проект

3. Форма внедрения: курс лекций (тема №5 «Парадигма устойчивого развития инновационных проектов»), практическое занятие №6 «Управление устойчивым развитием инновационного проекта», лабораторная работа №4 «Управление устойчивым развитием инновационного проекта», курсовой проект (в части разработки рекомендаций по совершенствованию управления инновационными проектами)

4. Технический уровень (государственное или общественное признание): не рассматривается

5. Основные публикации по теме диссертации:

- Дударева О.В. Методологические аспекты оценки рисков уязвимости промышленных экосистем в целях повышения устойчивости // Организатор производства. 2022. №1.

- Дударева О.В. Управление уязвимостью промышленных экосистем в интересах устойчивого развития // Организатор производства. 2021. Т. 29. №4. С. 77-84.
- Шкарупета Е.В., Дударева О.В. Методика оценки уровня цифровой зрелости экономической системы // ФЭС: Финансы. Экономика. 2021. Т. 18. № 4. С. 55-59.
- Дударева О.В., Дударев Д.Н., Гончаров А.Ю. Модель оценки динамики зрелости промышленных экосистем // Наука Красноярья. 2021. Т. 10. № 1. С. 38-54.
- Шкарупета Е.В., Дударева О.В., Филатова М.В., Беккиев А.Ю. Методология устойчивого развития промышленных экосистем // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 377-382.
- Дударева О.В., Аракчеев Д.В., Дударев Д.Н. Концептуальные аспекты перехода к умному производству в условиях цифровизации // Организатор производства. 2020. Т. 28. №4. С. 7-15.

6. Эффект от внедрения

а) повышение качества образования: развитие инструментария компетенций ПК-4 способностью анализировать проект (инновацию) как объект управления; ПК-5 способностью определять стоимостную оценку основных ресурсов и затрат по реализации проекта; ДПК-4 способностью управлять инвестиционным и финансовым обеспечением инновациями наукоемкого производства различных форм собственности, оценивать результативность, финансово-экономические показатели, уровень риска инновационных проектов и осуществлять бизнес-планирование наукоемкого производства новых продуктов

б) социальный: не рассматривается

в) экономический: не рассматривается

Руководитель основного научного направления

 Свиридова С.В.
(подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

Научный консультант

 Шкарупета Е.В.
(подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

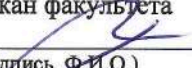
Автор

доцент, к.э.н.  Дударева О.В.
(должность, уч. степень, подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

Начальник Учебно-методического управления

 Мышовская Л.П.
(подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

Декан факультета

 Баркалов С.А.
(подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

Заведующий кафедрой

 Свиридова С.В.
(подпись, Ф.И.О.)
«02» 02 2022 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Акторы национальной экосистемы устойчивого развития

Таблица Б.1 – Акторы национальной экосистемы устойчивого развития

Группа	Акторы
<i>I Органы власти, институты развития</i>	1. Аппарат советника Президента Российской Федерации, специального представителя Президента Российской Федерации по вопросам климата Р.С.-Х. Эдельгериева 2. Центральный банк Российской Федерации 3. Евразийская экономическая комиссия 4. Комитет Государственной Думы Российской Федерации по аграрным вопросам 5. Комитет Государственной Думы Российской Федерации по вопросам семьи, женщин и детей 6. Комитет Государственной Думы по безопасности и противодействию коррупции 7. Комитет Государственной Думы по федеративному устройству и вопросам местного самоуправления 8. МВД России 9. Минздрав России 10. МИД России 11. Минобрнауки России 12. Минприроды России 13. Минпромторг России 14. Минпросвещения России 15. Минсельхоз России 16. Минстрой России 17. Минтранс России 18. Минтруд России 19. Минфин России 20. Минэкономразвития России 21. Минюст России 22. Россотрудничество 23. Росстат

Группа	Акторы
	24. Росреестр 25. Росгидромет 26. Роспотребнадзор 27. Росводресурсы 28. Росрыболовство 29. ФНС России 30. Федеральный институт оценки качества образования 31. ФКУ «ГИАЦ МВД России» 32. Главное управление по обеспечению безопасности дорожного движения МВД России 33. Фонд развития промышленности 34. Институт исследований и экспертизы ВЭБ.РФ 35. АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов»
<i>II Научные, исследовательские организации</i>	36. Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН 37. Институт географии РАН 38. Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации 39. Институт космических исследований РАН 40. Институт международных транспортных коммуникаций Российского университета транспорта 41. Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН 42. Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН 43. ИФА им. А. М. Обухова РАН 44. Казанский федеральный университет 45. МГИМО МИД России 46. МГУ им. М. В. Ломоносова 47. Международный институт менеджмента объединений предпринимателей 48. Морской гидрофизический институт РАН 49. Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России

Группа	Акторы
	50. ФГБУ ВНИИПО МЧС России 51. Научно-производственное объединение Институт «Кадастр» 52. НИУ «Высшая школа экономики» 53. РАНХиГС 54. Российский университет дружбы народов 55. ССЭИ (филиал) РЭУ им. Г. В. Плеханова 56. ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» 57. ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора 58. ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора 59. ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского» 60. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» 61. ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» 62. ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» 63. ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля» 64. ФГБУ «НЦКТП Минтранса России» 65. ФГБУ «Российская академия образования» 66. ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России 67. ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и наркологии им. В. П. Сербского» Минздрава России 68. ФГБУН «Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов» РАН
<i>III Бизнес</i> <i>(компании и</i> <i>объединения)</i>	69. АО «Зарубежнефть» 70. АО «Русатом Оверсиз» 71. АО «Русская медная компания»

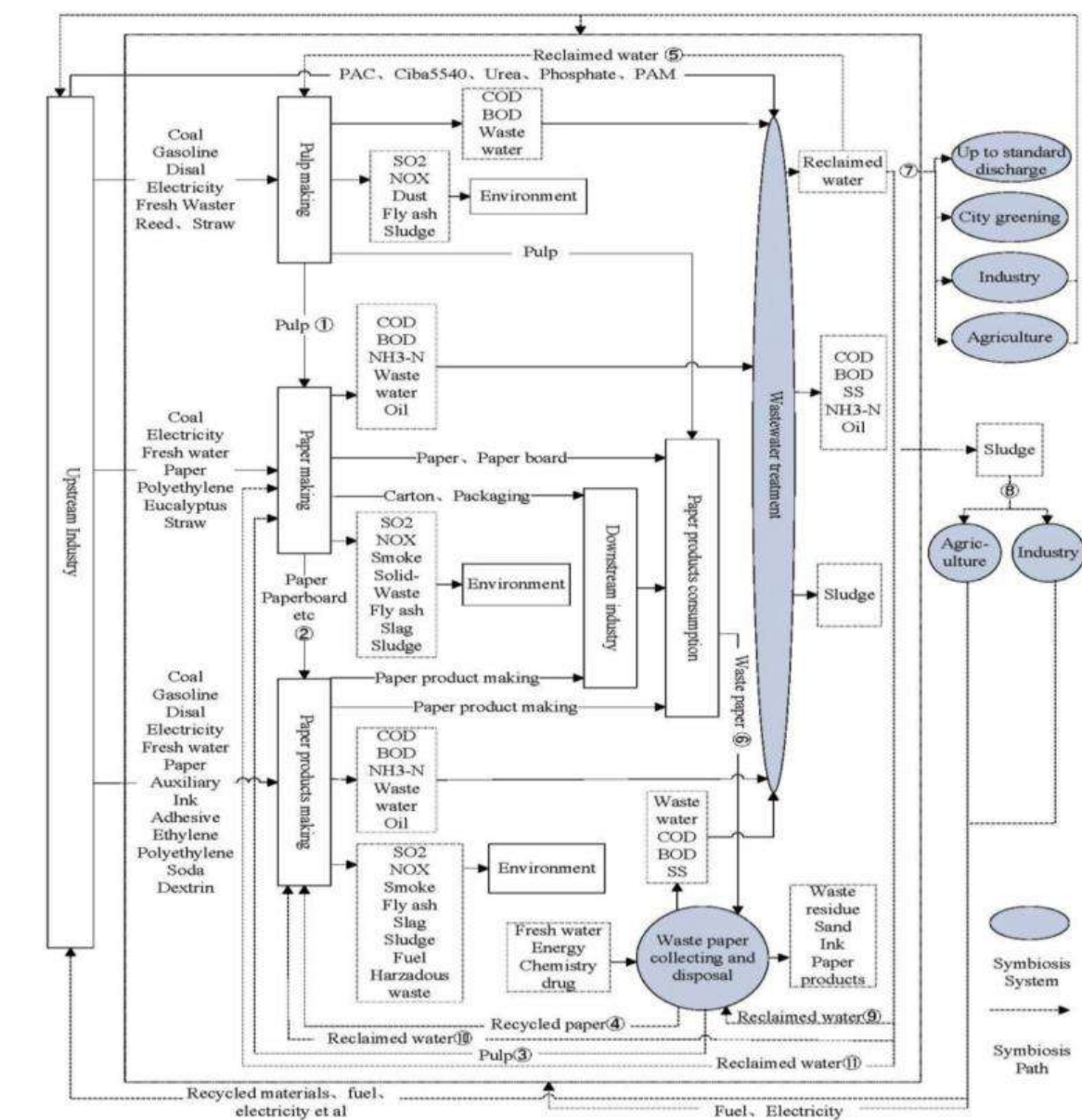
Группа	Актеры
	72. АО «Северсталь Менеджмент» 73. АО «СУЭК» 74. АО «ТВЭЛ» 75. Банк «Центр-Инвест» 76. Гильдия устойчивого развития Московской торгово-промышленной палаты 77. ГК «Segezha Group» 78. ГК «Росатом» 79. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» 80. Комитет ТПП РФ по природопользованию и экологии 81. Национальная ассоциация концессионеров и долгосрочных инвесторов в инфраструктуру 82. Объединенная компания РУСАЛ 83. ООО «Агентство Эс Джи Эм» 84. ООО «Русатом Инфраструктурные решения» 85. ООО «Эксперт Индекс» 86. ПАО «Газпром» 87. ПАО «Газпром нефть» 88. ПАО «Интер РАО» 89. ПАО «Лукойл» 90. ПАО «НК «Роснефть» 91. ПАО «РусГидро» 92. ПАО «Северсталь» 93. Полиметалл 94. Российская ассоциация водоснабжения и водоотведения 95. РСПП 96. Санкт-Петербургская Торгово-промышленная палата Российской Федерации 97. Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд. 98. ТИАР-Центр 99. Филип Моррис Интернешнл 100. En+ Group 101. LafargeHolcim

Группа	Актеры
<i>IV Некоммерческие, экспертные организации, представители гражданского общества, международные организации</i>	102. WWF России 103. АНО «Международный центр устойчивого энергетического развития» под эгидой ЮНЕСКО 104. Ассоциация «Общероссийский конгресс муниципальных образований» 105. ГБУ «Аналитический центр» г. Москвы 106. Евразийское региональное отделение Всемирной организации «Объединенные Города и Местные Власти» 107. Комиссия по экономике изменения климата и устойчивому развитию Российского национального комитета Международной торговой палаты – Всемирной организации бизнеса (ICC Russia) 108. Комиссия Российской Федерации по делам ЮНЕСКО 109. Лесной попечительский совет 110. Национальный центр добровольчества 111. Неправительственный экологический фонд им. В. И. Вернадского 112. НП «Союз заготовителей и переработчиков дикоросов» 113. Общероссийская общественная организация защиты семьи «Родительское Всероссийское Сопротивление» 114. Общественный Совет при Уполномоченном по правам ребенка при Президенте Российской Федерации 115. Объединение «МОНОГОРОДОВ.РФ» 116. Отделение ФАО для связи с Российской Федерацией 117. Профессиональное сообщество «Женщины в Советах Директоров» 118. ФГБУ «Приокско-Тerrasный государственный заповедник» 119. Фонд «Русский углерод» 120. ФРОД «Женский взгляд» 121. Центр «Эко-Согласие»

Источник: организации, принимавшие участие в подготовке Добровольного национального обзора⁵⁰³

⁵⁰³ Добровольный национальный обзор хода осуществления Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. 2020. <https://www.economy.gov.ru/material/file/dcbc39abeafb0418d9d48c06c958e454/obzor.pdf>.

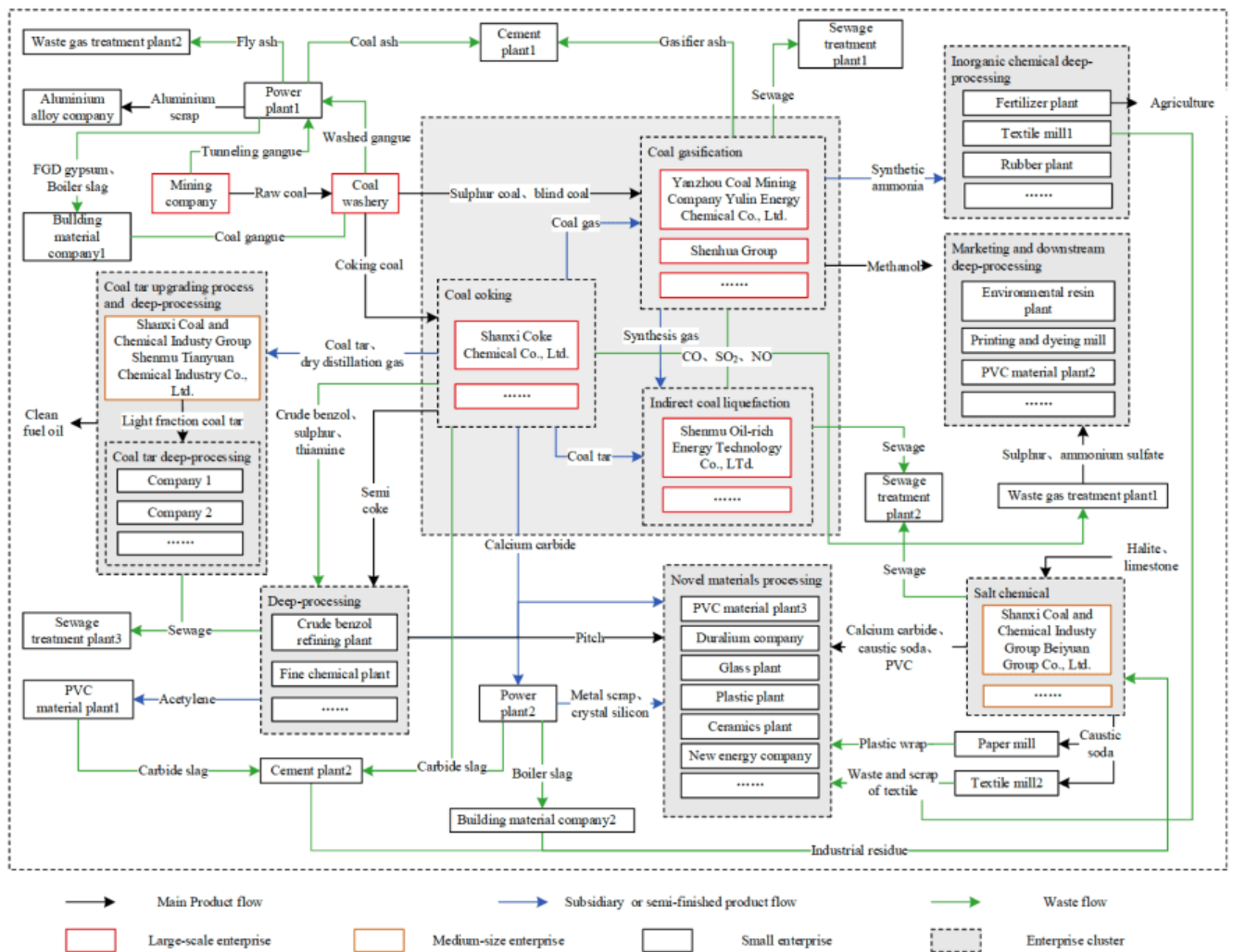
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Примеры промышленных экосистем различной отраслевой направленности



Источник:⁵⁰⁴

Рисунок В.1 – Промышленная экосистема целлюлозно-бумажной промышленности в Ухане, Китай

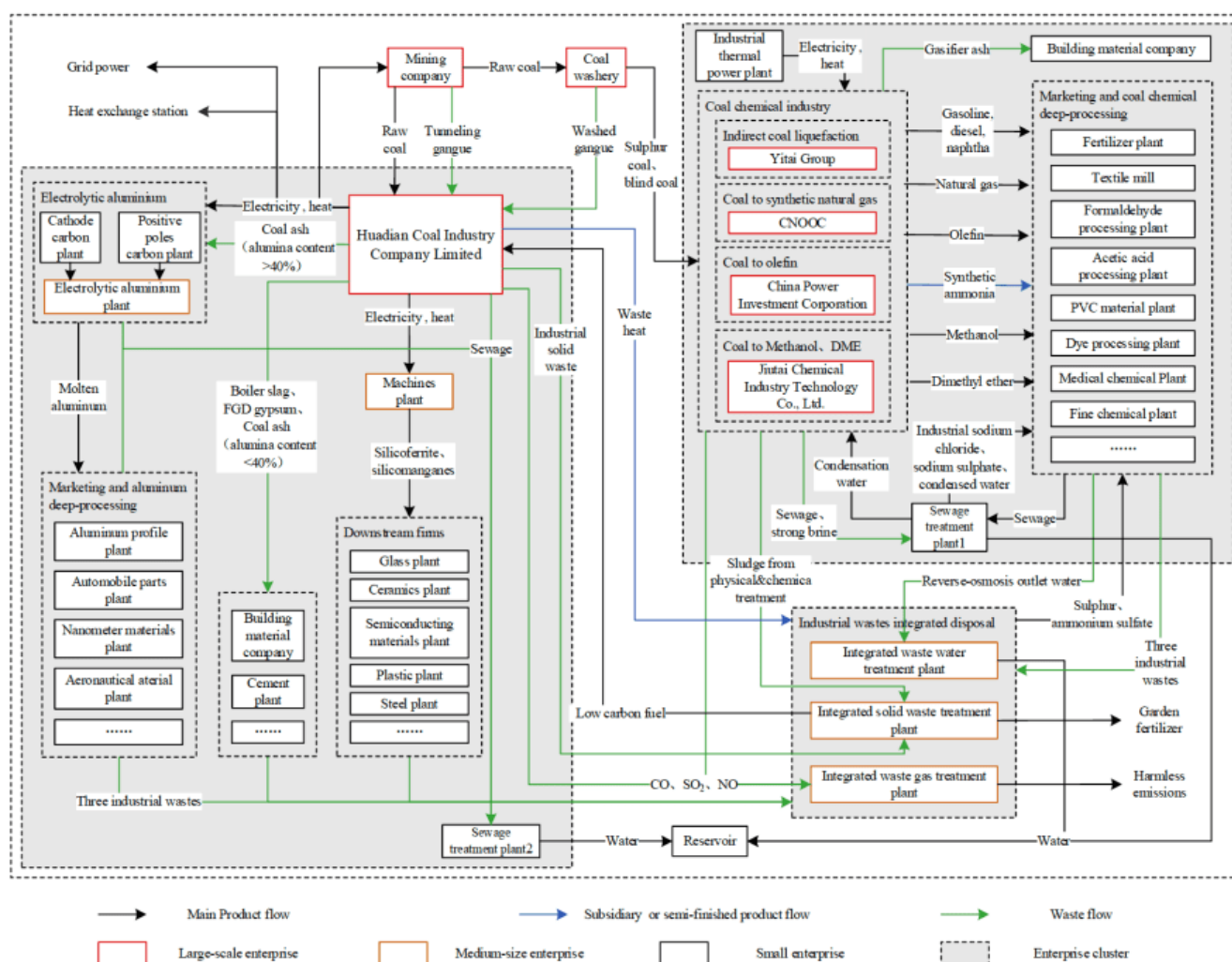
⁵⁰⁴ Shi X., Li X. A symbiosis-based life cycle management approach for sustainable resource flows of industrial ecosystem //Journal of Cleaner Production. – 2019. – Т. 226. – С. 324-335.



Источник:⁵⁰⁵

Рисунок В.2 – Промышленный симбиоз индустриального парка угольной промышленности Юшен (Yushen Industrial Park), Китай

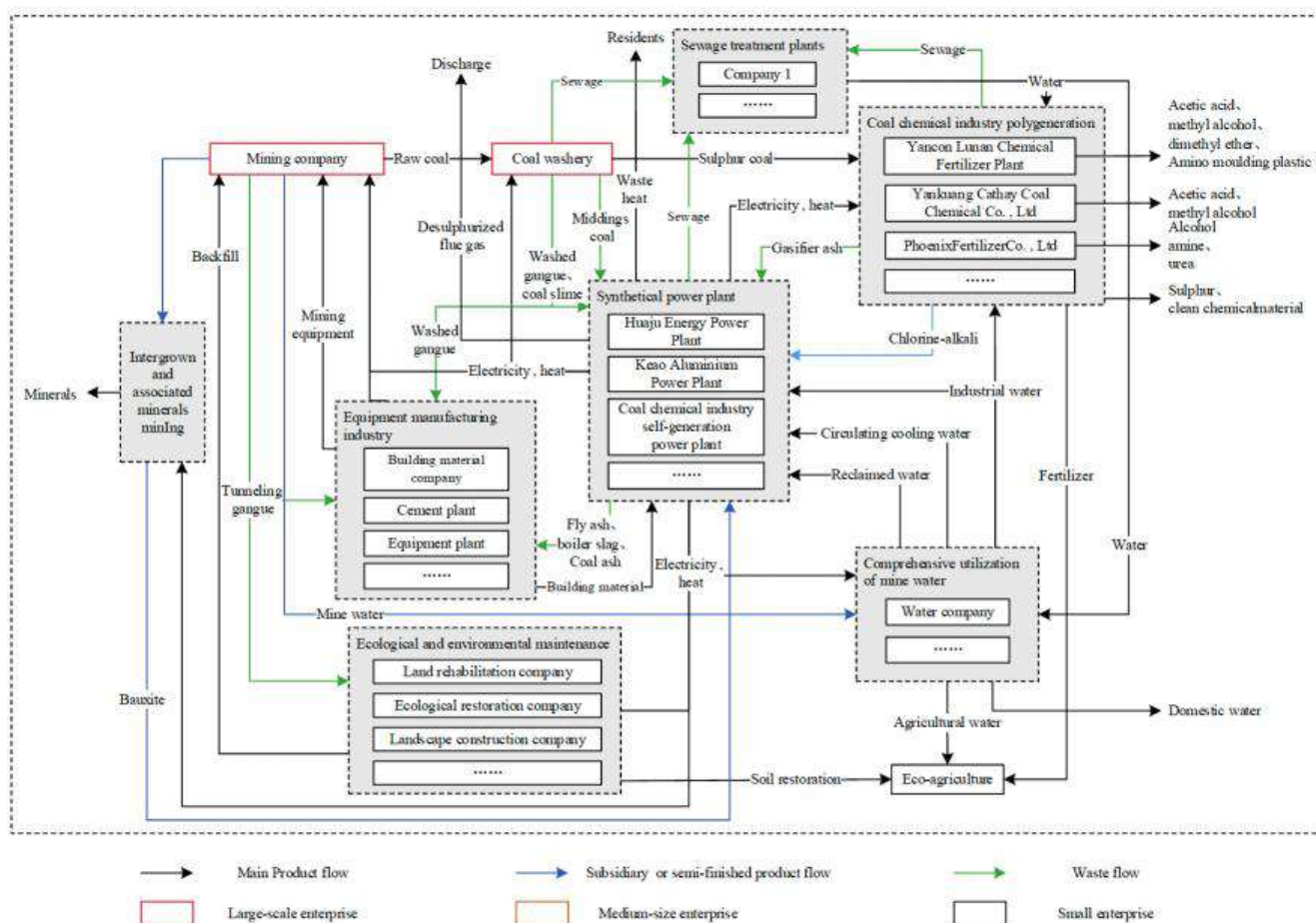
⁵⁰⁵ Wang D. et al. Comparing the vulnerability of different coal industrial symbiosis networks under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 149. – С. 636-652.



Источник:⁵⁰⁶

Рисунок В.3 – Промышленный симбиоз индустриального парка угольной промышленности Далу (Dalu Industrial Park), Китай

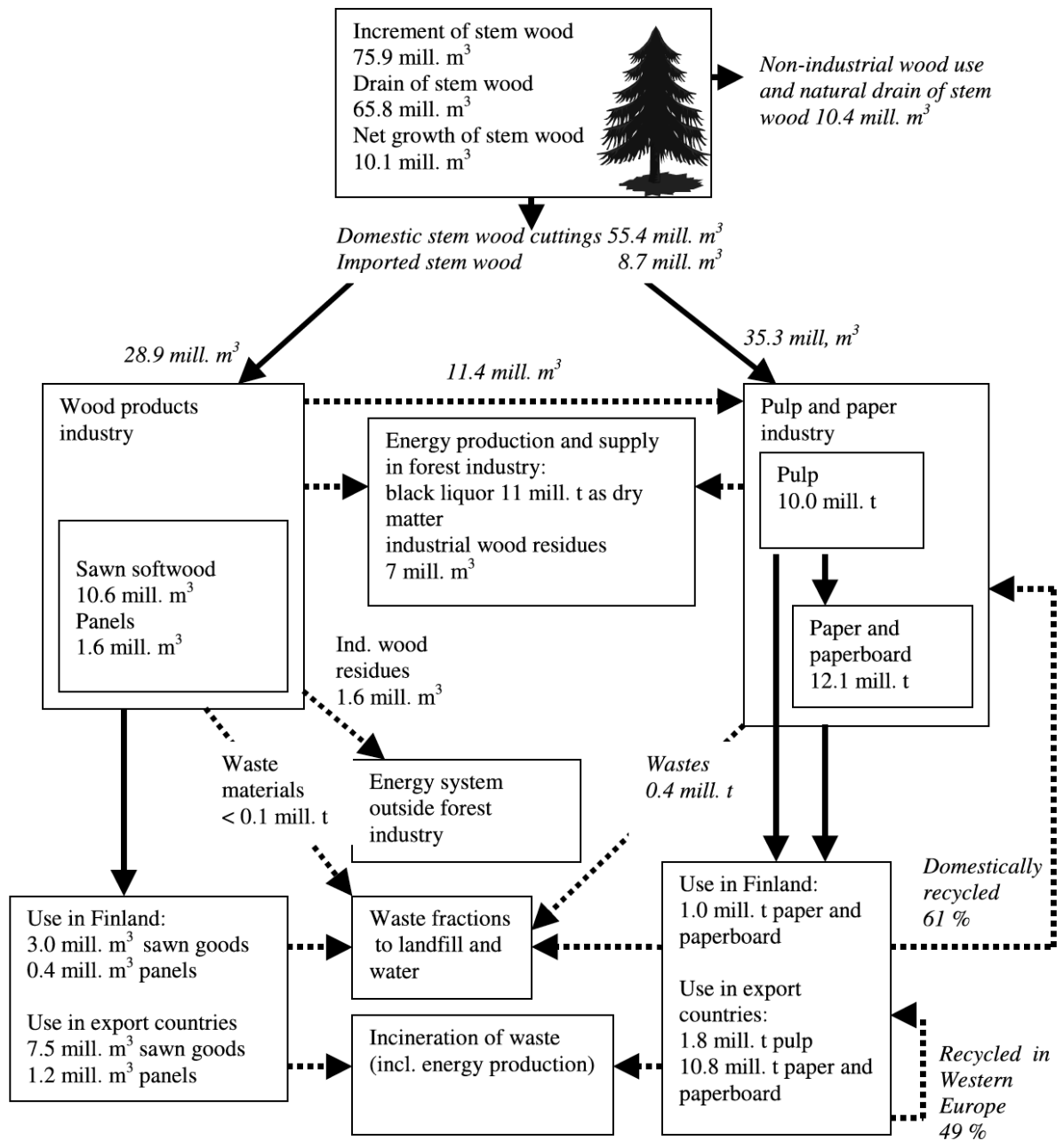
⁵⁰⁶ Wang D. et al. Comparing the vulnerability of different coal industrial symbiosis networks under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 149. – С. 636-652.



Источник:⁵⁰⁷

Рисунок В.4 – Промышленный симбиоз индустриального парка угольной промышленности Лунан (Lunan Industrial Park), Китай

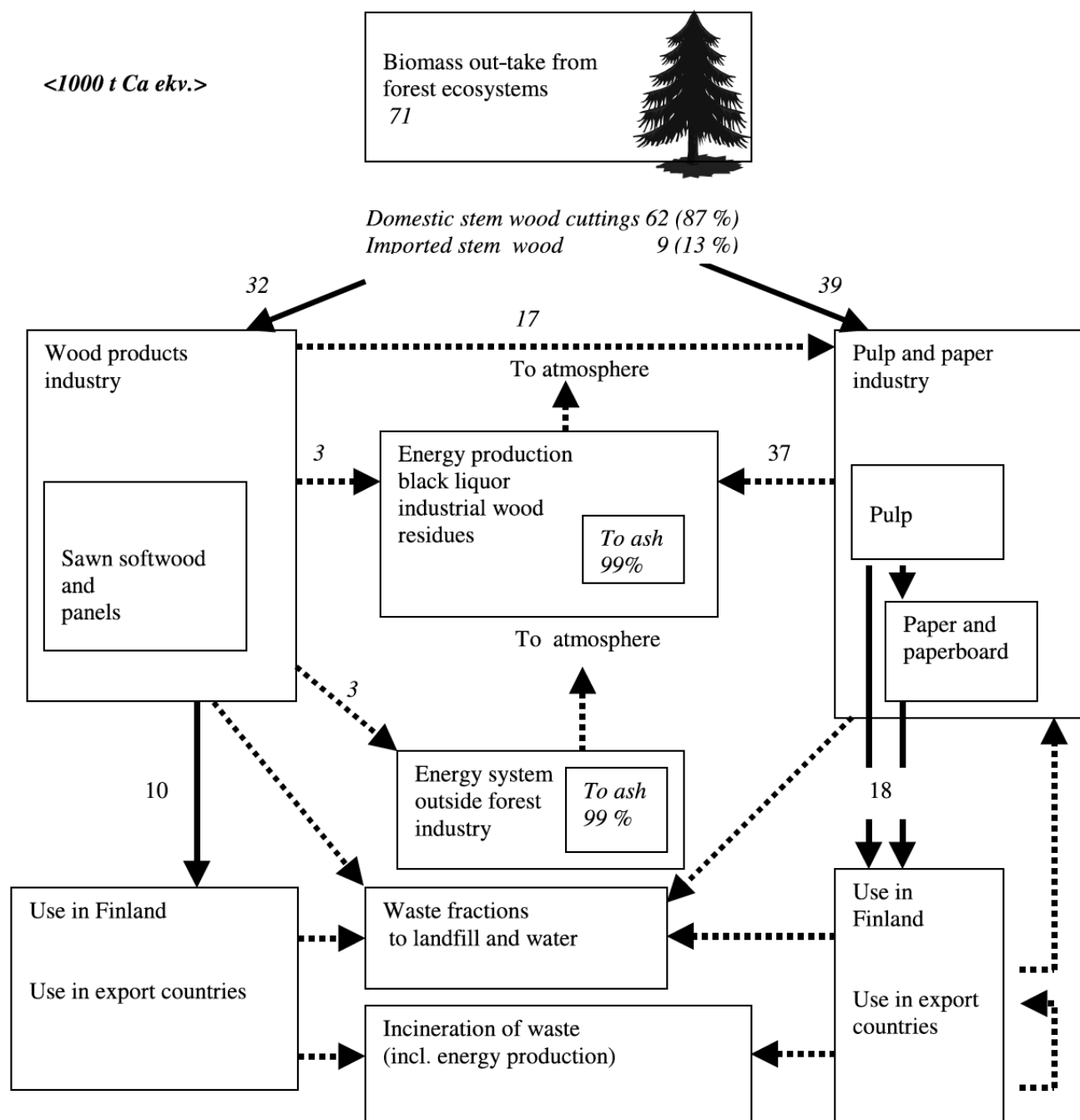
⁵⁰⁷ Wang D. et al. Comparing the vulnerability of different coal industrial symbiosis networks under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 149. – С. 636-652.



Источник:⁵⁰⁸

Рисунок В.5 – Поток древесных материалов в экосистеме лесной промышленности Финляндии в 1997 году

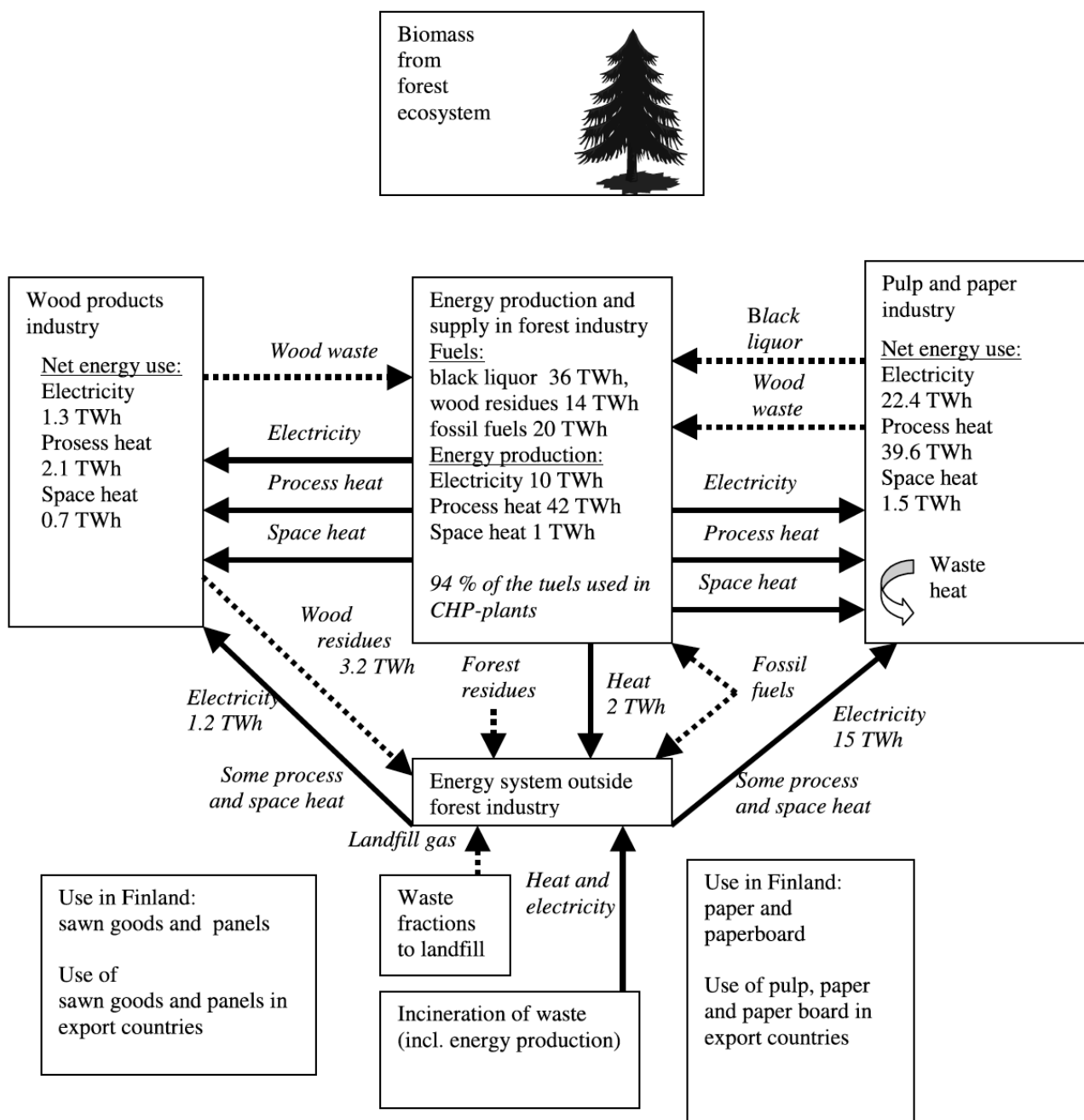
⁵⁰⁸ Korhonen J., Wihersaari M., Savolainen I. Industrial ecosystem in the Finnish forest industry: using the material and energy flow model of a forest ecosystem in a forest industry system // Ecological Economics. – 2001. – Т. 39. – №. 1. – С. 145-161.



Источник:⁵⁰⁹

Рисунок В.6 – Поток питательных веществ в экосистеме лесной промышленности Финляндии в 1997 году

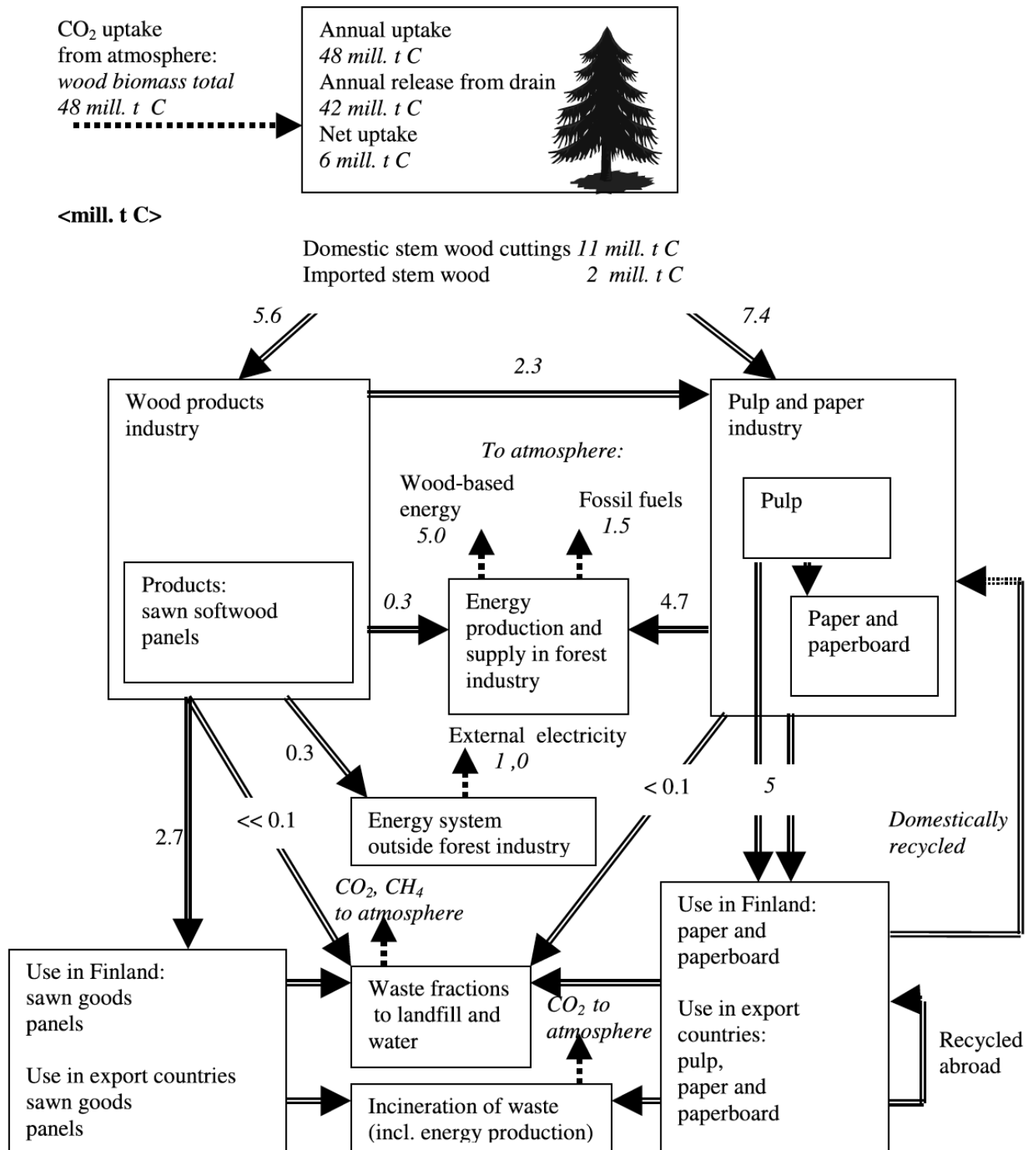
⁵⁰⁹ Korhonen J., Wihersaari M., Savolainen I. Industrial ecosystem in the Finnish forest industry: using the material and energy flow model of a forest ecosystem in a forest industry system //Ecological Economics. – 2001. – Т. 39. – №. 1. – С. 145-161.



Источник:⁵¹⁰

Рисунок В.7 – Используемое топливо и производство электроэнергии, технологического тепла и тепла в помещениях в экосистеме лесной промышленности Финляндии (1997)

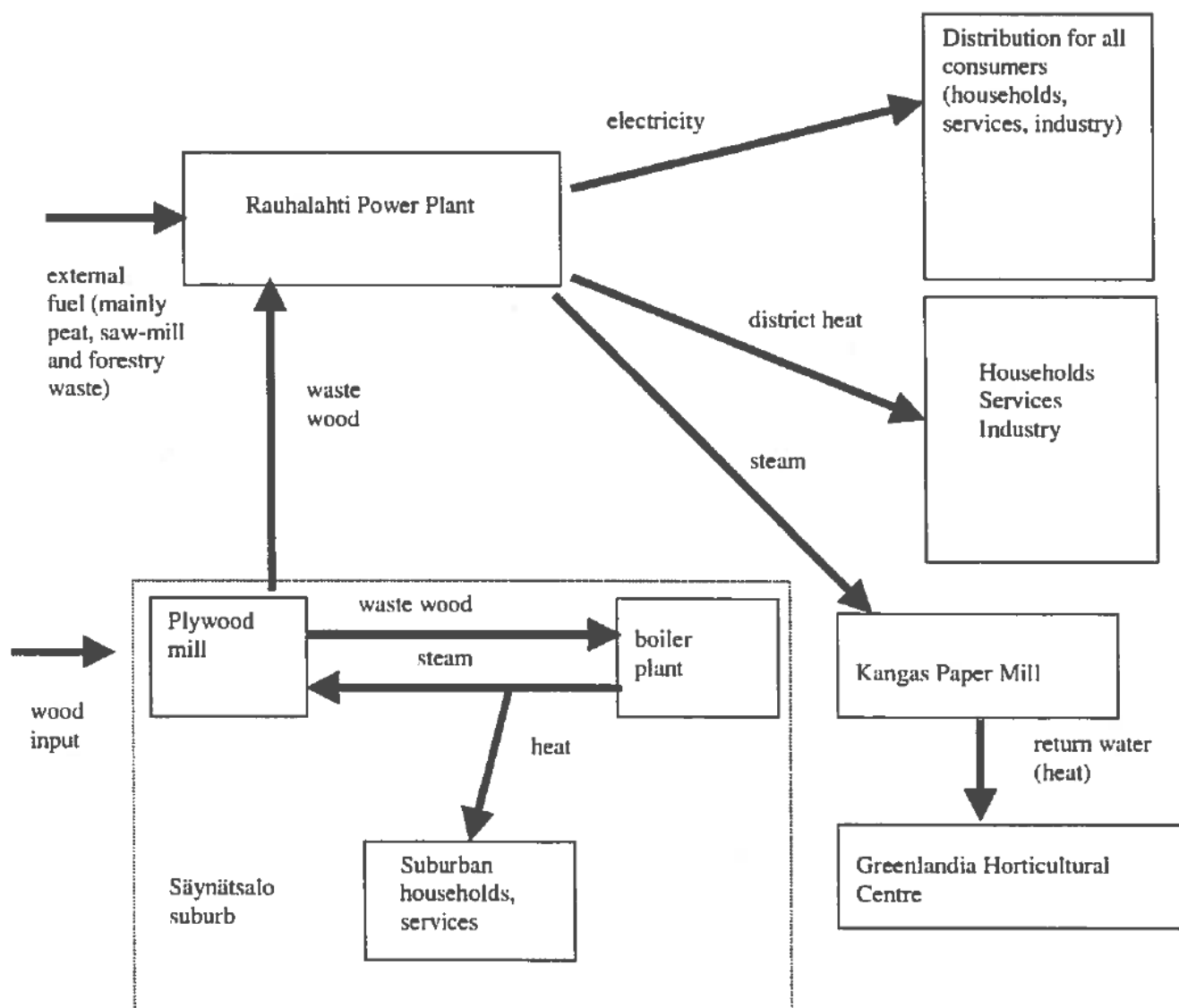
⁵¹⁰ Korhonen J., Wihersaari M., Savolainen I. Industrial ecosystem in the Finnish forest industry: using the material and energy flow model of a forest ecosystem in a forest industry system // Ecological Economics. – 2001. – Т. 39. – №. 1. – С. 145-161.



Источник:⁵¹¹

Рисунок В.8 – Поток углерода в экосистеме лесной промышленности Финляндии
в 1997 году

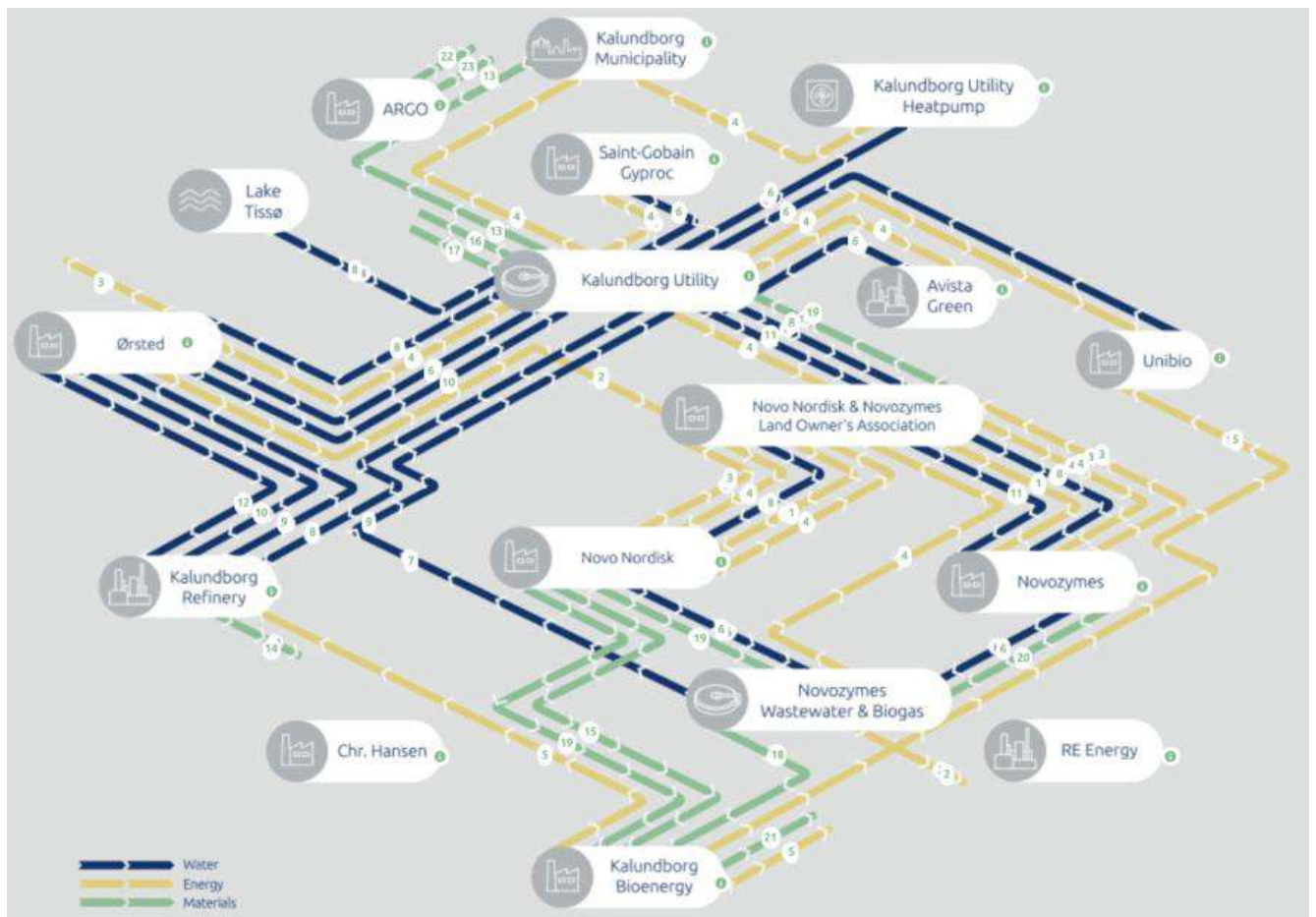
⁵¹¹ Korhonen J., Wihersaari M., Savolainen I. Industrial ecosystem in the Finnish forest industry: using the material and energy flow model of a forest ecosystem in a forest industry system // Ecological Economics. – 2001. – Т. 39. – №. 1. – С. 145-161.



Источник:⁵¹²

Рисунок В.9 – Промышленная экосистема энергосбережения Ювяскюля (Jyväskylä), Финляндия

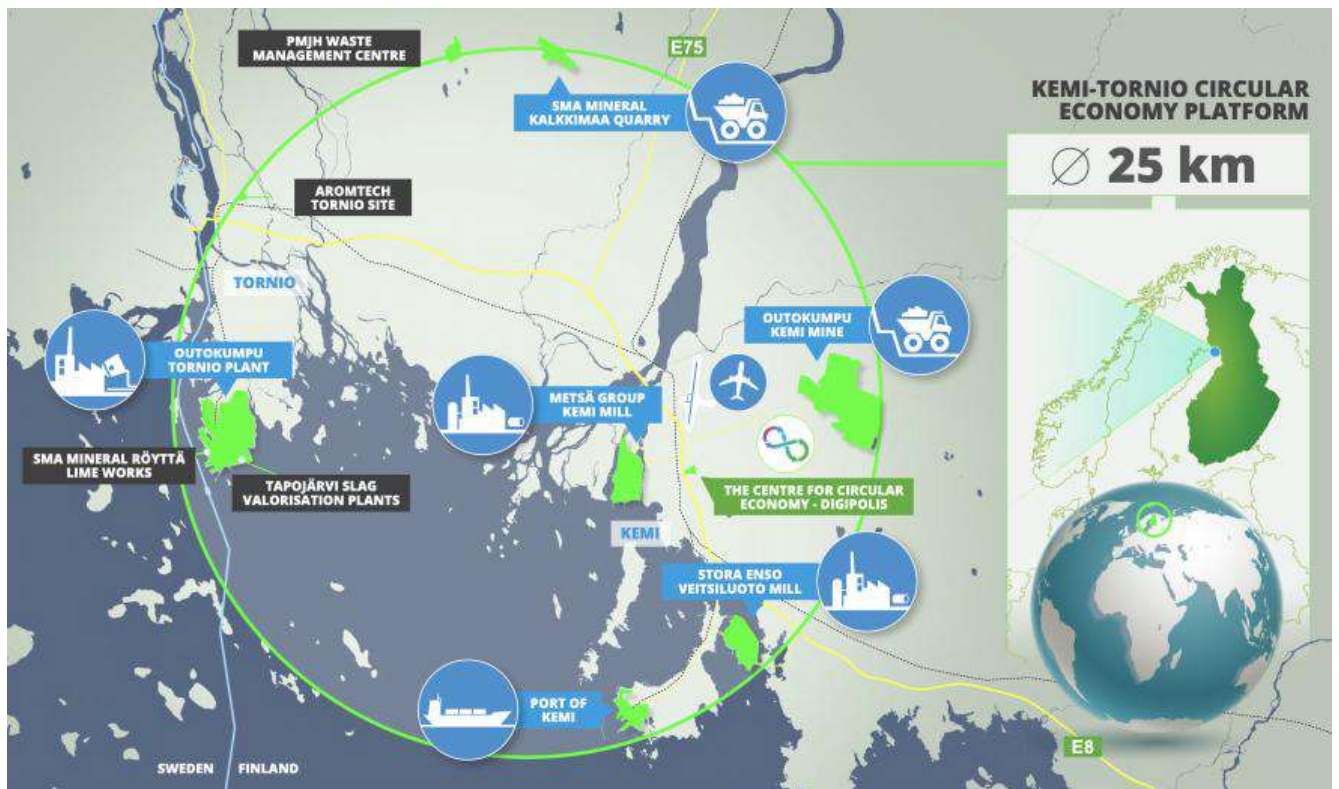
⁵¹² Korhonen J. Industrial ecosystem: using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system. – University of Jyväskylä, 2000. – №. 5.



Источник:⁵¹³

Рисунок В.10 – Промышленный симбиоз эко-индустриального парка Калуннборга (Kalundborg), Дания

⁵¹³ Kalundborg Eco-industrial Park. <http://www.symbiosis.dk/en/partnerne-bag/>.



Источник:⁵¹⁴

Рисунок В.11 – DIGIPOLIS – технологический парк города Кеми (KEMI),
Финляндия

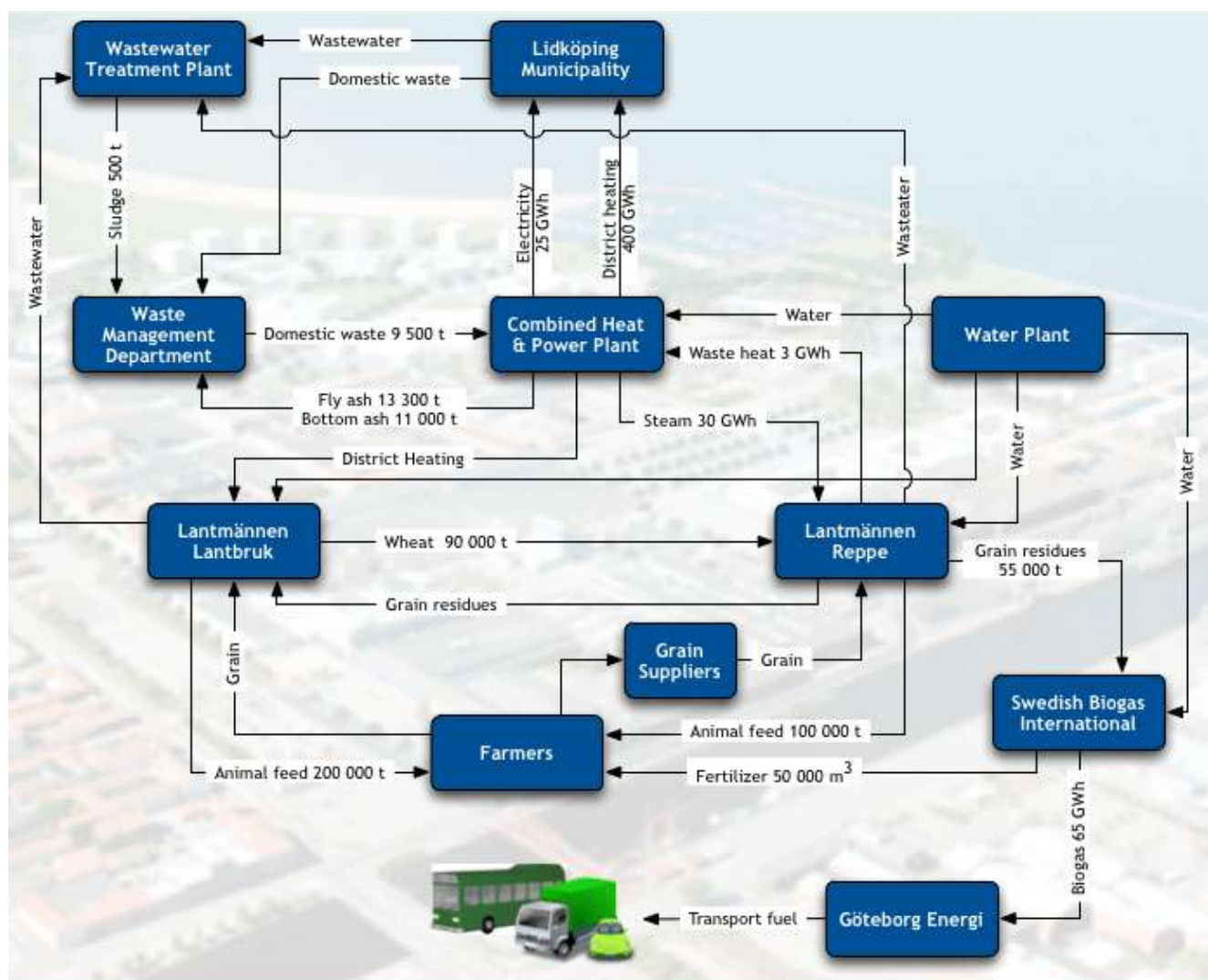
⁵¹⁴ GUIDE FOR INDUSTRIAL SYMBIOSIS FACILITATORS. <http://www.symbiosis.dk/en/inspiration/>.



Источник:⁵¹⁵

Рисунок В.12 – Экосистема промышленного симбиоза Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Проект Baltic Industrial Symbiosis (BIS) / Балтийский Промышленный Симбиоз Программы трансграничного сотрудничества «Интеррег. Регион Балтийского моря»

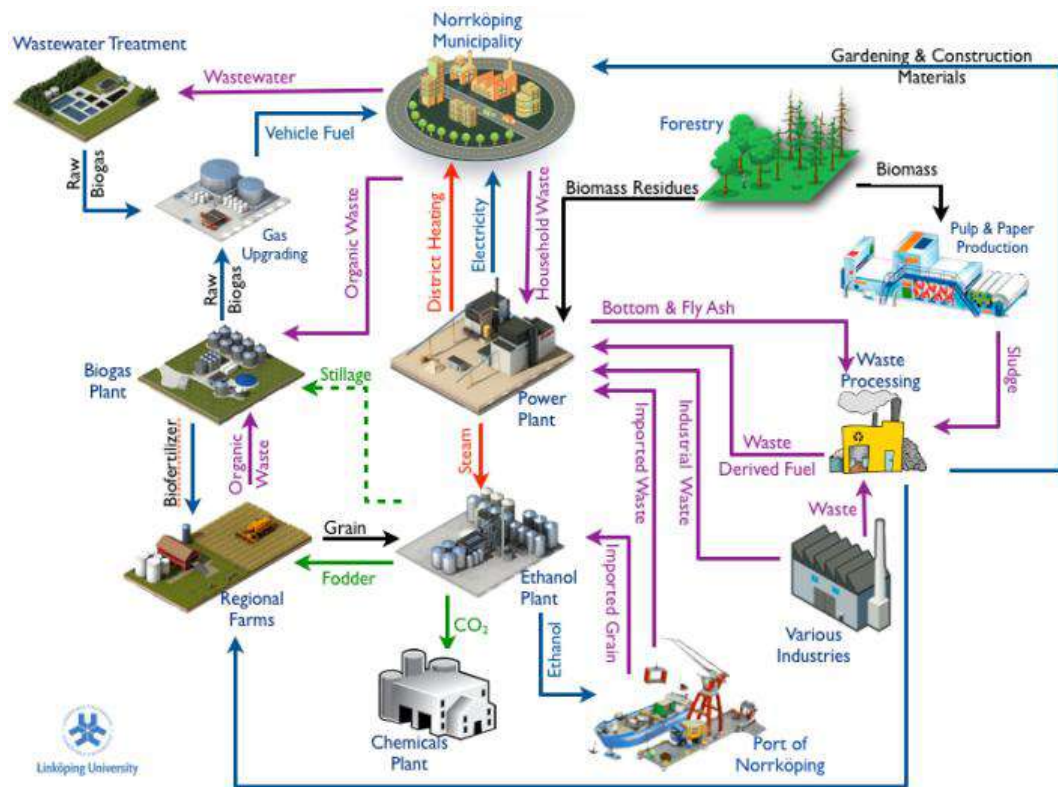
⁵¹⁵ GUIDE FOR INDUSTRIAL SYMBIOSIS FACILITATORS. <http://www.symbiosis.dk/en/inspiration/>.



Источник:⁵¹⁶

Рисунок В.13 – Экосистема промышленного симбиоза Lidsköp, Швеция

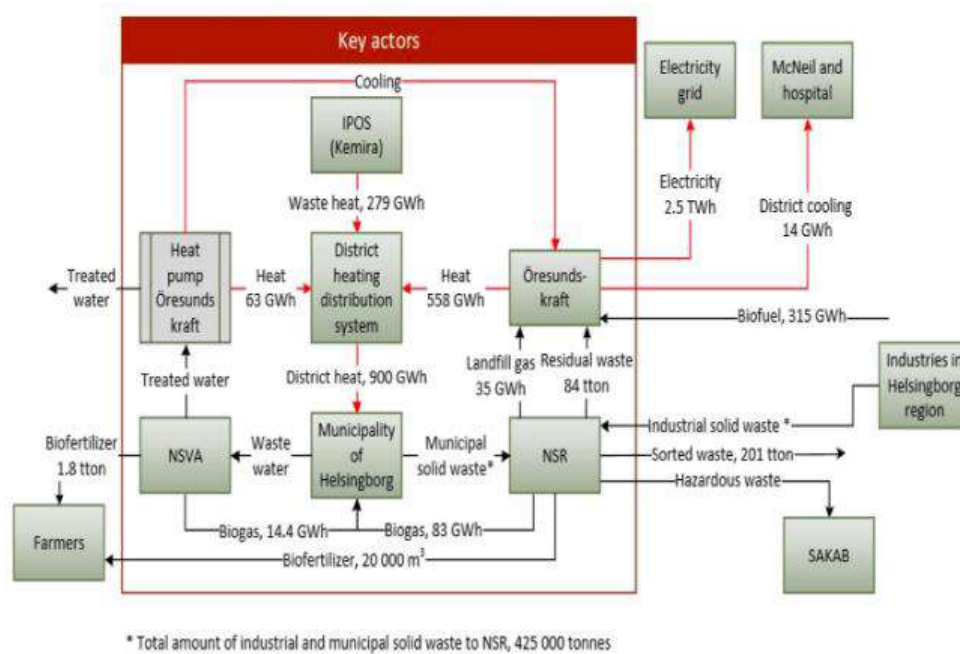
⁵¹⁶ Lidsköp Industrial Symbiosis Network. <http://www.industriellekologi.se/symbiosis/lidskoping.html>.



Источник:⁵¹⁷

Рисунок В.14 – Экосистема промышленного симбиоза Norrköping, Швеция

⁵¹⁷ Norrköping Industrial Symbiosis Network. <http://www.industriellekologi.se/symbiosis/norrkoping.html>.



Источник:⁵¹⁸

Рисунок В.15 – Экосистема промышленного симбиоза Helsingborg, Швеция

⁵¹⁸ Industrial Symbiosis in Helsingborg. <http://www.industriellekologi.se/symbiosis/helsingborg.html>.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Система показателей оценки уязвимости
промышленной экосистемы

Таблица Г.1 – Система показателей оценки уязвимости промышленных экосистем⁵¹⁹

Тип	Наименование	Описание
Риск экономических колебаний X1	Стандартное отклонение местных цен на сырье поквартально X11	Отражают риск колебаний цен на сырье
	Стандартное отклонение темпов роста валового регионального производства поквартально X12	Отражают риск региональных экономических колебаний
	Стандартное отклонение интервалов региональной политики промышленности, выпущенной в течение одного года X13	Отражают риск региональной промышленной политики
Чувствительность живой системы X2	Доля ресурсоориентированной промышленной продукции в объеме производства обрабатывающей промышленности (%) X21	Отражают зависимость промышленной системы от ресурсов
	Коэффициент эластичности исходной отрасли, темп роста исходного промышленного производства / темп роста ВВП X22	Отражают взаимосвязь между развитием угледобывающей промышленности и экономическим ростом
	Коэффициент эластичности расширенной отрасли, темп роста расширенного промышленного	Отражают взаимосвязь между развитием расширенной промышленности и

⁵¹⁹ Источник: Wang D. et al. Assessing industrial ecosystem vulnerability in the coal mining area under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 142. – С. 4019-4031. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616316584>.

Тип	Наименование	Описание
	производства / темп роста ВВП X23	экономическим ростом
	Внешнеторговая зависимость, общий объем импорта и экспорта/ВВП (%) X24	Отразить зависимость промышленной системы от внешнего рынка
	Доля убыточных предприятий X25	Отразить текущее состояние промышленной системы
	Соотношение активов и пассивов промышленных предприятий выше установленного размера (%) X26	Отразить вклад промышленных предприятий в экономическое развитие
	Соотношение активов и прибыли промышленных предприятий выше установленного размера (%) X27	Отражают конкурентоспособность и адаптивность промышленных предприятий
Устойчивость живой системы X3	Отношение количества промышленных предприятий выше установленного размера к общему количеству промышленных предприятий X31	Измерить эффективность структуры промышленных масштабов
	Степень корреляции между отраслями, $X32=L/S(S-1)$, где L – количество связей между отраслями, S – количество отраслей X32	Измерить сотрудничество между промышленными предприятиями в рамках ЦМИЭС
	Категория доминирующей промышленной продукции X33	Измерить разнообразие промышленной системы
	Доля несырьевой промышленной продукции в общем объеме промышленной продукции X34	Измерить разнообразие промышленной системы
	Объем промышленного производства на душу населения X35	Отражают экономическую основу развития промышленной системы

Тип	Наименование	Описание
	Плотность инвестиций в основной капитал X36	Отражают инвестиционную способность промышленной системы к внешним изменениям
	Индекс региональной маркетизации X37	Отражают гибкость корректировки бизнес-стратегии в условиях изменения экономической среды
Стабильность системы жизнеобеспечения X4	Коэффициент резервного производства угля X41	Измерить уровень устойчивого использования ресурсов
	Потребление энергии на единицу промышленной продукции X42	Отразить экономические выгоды от использования энергии в угледобывающих районах
	Годовое водоснабжение на душу населения X43	Отражают способность экологической среды к самоочищению
	Коэффициент озеленения городской застроенной территории X44	Измерить уровень экологического здоровья региона
	Коэффициент удаления SO ₂ в промышленности X45	Отражают способность контролировать загрязнение окружающей среды
	Коэффициент комплексной утилизации твердых промышленных отходов X46	Отражают комплексную утилизацию отходов
	Доля инвестиций в экологическое управление в ВВП X47	Отражают способность экономической поддержки восстановления окружающей среды
	Соотношение депозитов и кредитов финансовых учреждений X48	Отразить способность финансовой отрасли оказывать услуги по экономическому развитию в горнодобывающих районах

Тип	Наименование	Описание
	Доля научно-исследовательского персонала в общей численности работников X49	Отразить научно-технический потенциал поддержки и интеллектуальный потенциал поддержки СМIES для экономического изменения окружающей среды
	Доля расходов на технологии и образование в ВВП X410	Отразить научно-технический потенциал поддержки и интеллектуальный потенциал поддержки СМIES для экономических изменений окружающей среды
	Общий объем грузоперевозок X411	Измерить степень совершенства региональных транспортных средств
	Уровень самодостаточности местных финансов X412	Отразить потенциал поддержки капитала ЦМИЭС в условиях экономических изменений окружающей среды

Примечание: для некоторых показателей более высокие значения указывают на более высокий уровень уязвимости в районе угледобычи, и эти показатели рассматриваются как положительные (X11, X12, X13, X21, X24, X25, X26, X42). Тем не менее, для некоторых других показателей более высокие значения указывают на более низкий уровень уязвимости в угледобывающей зоне, и эти показатели рассматриваются как отрицательные (X22, X23, X27, X31, X32, X33, X34, X35, X36, X37, X41, X43, X44, X45, X46, X47, X48, X49, X410, X411, X412)