

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Белых Александр Леонидович

**РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ НА
ОСНОВЕ МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА**

Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика
(экономика инноваций)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
доктор экономических наук,
профессор Хорева Любовь Викторовна

Санкт-Петербург – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ПРОМЫШЛЕННЫЙ СИМБИОЗ В КОНТЕКСТЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	13
1.1. Теоретические основы инновационной деятельности предприятия	13
1.2. Особенности промышленного симбиоза и его влияние на инновационную деятельность участников симбиотических цепочек	21
1.3. Модели формирования и развития промышленного симбиоза (на основе российского и зарубежного опыта).....	33
ГЛАВА 2. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА В РОССИИ И МИРЕ	50
2.1. Ограничения и вызовы развития инновационной деятельности в России	50
2.2. Особенности реализации промышленного симбиоза: российский и зарубежный опыт	62
2.3. Систематизация результатов эмпирических исследований формирования промышленного симбиоза в г. Санкт-Петербург и Ленинградской области ..	88
ГЛАВА 3. НОВАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	98
3.1. Разработка новой модели формирования промышленного симбиоза	98
3.2. Обоснование методики и оценка экономического и инновационного потенциалов новой модели формирования промышленного симбиоза	103
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	120
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ОБЗОР ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОНЯТИЯ «ИННОВАЦИЯ» И СХОЖИХ ТЕРМИНОВ	141
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ К ПАРАГРАФУ 1.2	144
ПРИЛОЖЕНИЕ В. ОБЗОР КОНЦЕПЦИИ «КООПЕРАЦИЯ»	149

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертационного исследования

В современных условиях ключевым фактором роста экономики и повышения уровня жизни населения в последние 20 лет стало развитие и внедрение новых технологий. Их использование положительно влияет на повышение эффективности существующих процессов и бизнес-моделей; создание новых рынков; объем привлекаемых инвестиций; рост рыночной капитализации компаний.

Инновационная активность предприятий определяет их устойчивую конкурентоспособность и потенциал роста. Иначе в долгосрочной перспективе растёт вероятность потери рынков сбыта, снижения производительности труда, оттока наиболее квалифицированных кадров. Согласно концепции технологического развития РФ на период до 2030 года, доля инновационных товаров от общего объема товаров в стране сегодня относительно невысока (5%) в сравнении с ведущими европейскими странами (15%). На разных уровнях сегодня ведутся дискуссии о возможности стабильного экономического роста с одновременным сохранением окружающей среды. Концепция промышленного симбиоза – это один из ответов на запрос сохранения природной среды. В основе промышленного симбиоза лежит принцип: отходы одного предприятия – ресурсы для другого. В рамках промышленного симбиоза организации, находящиеся на ограниченной территории, целенаправленно сотрудничают друг с другом с целью оптимизации издержек путем использования побочных продуктов и отходов предприятий в качестве сырья, а также совместного потребления информационных, энергетических и прочих ресурсов.

Сегодня опыт формирования промышленного симбиоза накоплен в таких странах как Дания, Норвегия, Швеция, Япония, Китай. Возможность анализа этого опыта (в том числе влияния процесса формирования промышленных симбиотических цепочек на инновационную активность их участников) и его адаптация к российским условиям для повышения конкурентоспособности и

инновационной активности российских компаний определяет актуальность темы диссертационного исследования.

Степень разработанности темы исследования.

Инновационная деятельность предприятий рассмотрена в исследованиях Алексашиной Т.В., Алексеева А.Н., Воронина В.П., Грибанова Д.В., Даннинга Д., Дутова Д.В., Еремина В.В., Ерыгиной Л.В., Замятиной М.Ф., Зельцер И.М., Ильенковой С.Д., Коуза Р., Кравцовой Е.Н., МакАдама Р., Орловой К.В. Пшеничникова С.В., Сафиуллиной Л.А., Соболева А.А., Соловьева В.И., Степаненко Д.М., Трофимовой Н.Н., Тойвонен М., Туоминен Т., Хоревой Л.В., Шумпетера Й., Эгбу Ч.О., Яголковского С.Р. и др.

Концепции устойчивого развития и циркулярной экономики изучены такими исследователями как Аврора М.Р., Барсегян Н.В., Боулинг К.Э., Бронгарт М., Доменек Т., Дэвис М., Заман А.У., Кириякова Н.И., Ловинс А.Б., Ловинс П., Макдоно В., Мартинес-Альер Дж., Мочалова Л.А, Мурадиан Р., Окрепилов В.В., Пахомова Н.В., Ратнер С.В., Стахель Ж., Тибс Х., Хоукен П., Чертоу М., Шинкевич А.И., Эрентфельд Дж. и др.

Особенности промышленного симбиоза исследованы в работах Блам И.Ю., Борсекова К., Валентин С.В., Вегнер Д., Дижкема Дж. П., Донг Л., Дэвис К., Жанг Х., Ломбарди Д.Р., Мартин Д., Невес А., Петрикова К., Преображенский Б. Г., Ричардсон Д., Ромеро И., Толстых Т. О., Уильямсон О., Чертоу М., Шмелева Н. В., Эрентфельд Дж. и т.д. Практические примеры реализации промышленного симбиоза изучены в работах таких ученых, как Аккерман Р., Баас Л., Блам И.Ю., Борсекова К., Донг Л., Донг Х., Друкман А., Клифт Р., Лю К., Мартин М., Мирата М., Невес А., Петрикова К., Пирс Р., Херцег Г., Хоссэйн М., Чертоу М., Эрентфельд Дж. и др.

В то же время, в современных исследованиях недостаточно внимание уделено теме вклада промышленного симбиоза в повышение инновационной активности экономических субъектов, участвующих в симбиотических

цепочках, а также влиянию процесса по его формированию на создание, внедрение и распространение новых технологий.

Цель диссертационного исследования заключается в развитии теоретических положений и формировании методических рекомендаций по развитию инновационной деятельности предприятий на основе новой модели устойчивого формирования промышленного симбиоза для инновационного развития экономики.

Реализация цели исследования связано с решением **следующих задач**:

1. Систематизировать теоретические подходы к организации инновационной деятельности предприятий, уточнить место и роль межфирменной кооперации в использовании вторичных ресурсов с учетом ограничений и вызовов российской экономики.

2. Изучить и описать организационно-инновационную природу промышленного симбиоза, обосновать направления его воздействия на инновационную деятельность предприятий-участников симбиотических цепочек.

3. С учетом российского и зарубежного опыта предложить типологию моделей формирования промышленного симбиоза на базе систематизации особенностей возникновения симбиотических связей, типов организации-лидера и степени ее участия в управлении промышленным симбиозом.

4. На основе сравнительного анализа действующих практик и обобщения результатов эмпирических исследований систематизировать и охарактеризовать основные ограничения формирования промышленных симбиозов.

5. Разработать и обосновать новую устойчивую модель формирования промышленного симбиоза с распределенным лидерством, направленную на развитие инновационной деятельности предприятий и координацию симбиотических связей между несколькими участниками.

6. Разработать методику сравнительной оценки экономического и инновационного потенциалов моделей промышленного симбиоза с учетом их экологических, социальных, экономических и инновационных эффектов.

Объектом исследования являются организации и компании, участвующие в формировании промышленного симбиоза в РФ и в зарубежных странах.

Предметом исследования являются организационно-экономические механизмы и формы функционирования промышленных симбиозов в инновационной системе экономических субъектов и национальной экономики в целом.

Теоретическая база исследования основана на работах отечественных и зарубежных ученых, посвященных инновационной активности предприятий и промышленному симбиозу, изучению различных форм кооперации между компаниями, основным мотивам участия компаний в симбиотических цепочках; рассмотрены работы, в которых анализируются модели формирования промышленного симбиоза, в том числе на основе действующих примеров и с учетом фактора лидерства. В качестве основы для формирования авторского подхода к развитию промышленных симбиотических цепочек использована теория распределенного лидерства.

Методологическая база исследования включает использование как теоретических, так и эмпирических методов. Теоретический анализ охватывает проблемы инновационной активности предприятий и развития промышленного симбиоза, мотивации для участия в данных процессах. Эмпирическая часть основана на проведении экспериментов, экспертных и глубинных интервью. Обработка данных осуществлялась с помощью анализа, синтеза, сравнения, классификации и логико-графического моделирования. Влияние разработанной модели формирования промышленного симбиозов с помощью моделирования на основе относительных и усредненных показателей по действующим практическим примерам промышленного симбиоза.

Информационную базу исследования составляют международные отчеты комиссий при ООН, в том числе статистические; федеральные законодательные акты РФ; нормативные документы регионального уровня, федеральные и локальные концепции и программы развития; материалы государственного статистического органа Росстат; статистические сборники национальных исследовательских университетов по теме инновационной деятельности; интегрированные годовые отчеты и отчеты об устойчивом развитии, социальной деятельности крупнейших российских производственных компаний; международные и отечественные стандарты; литература, обобщающая отечественный и зарубежный опыт в области промышленного симбиоза, его развития и внедрения; результаты научных исследований по темам и аналогичным проблемам данного исследования.

Обоснованность результатов исследования определяются тем, что результаты научно-исследовательской работы основаны на фундаментальных теориях и концепциях в области инновационной деятельности, межфирменных отношений, промышленного симбиоза. Для подтверждения обоснованности результатов исследования также были использованы качественные и количественные методы анализа данных.

Достоверность результатов исследования подкреплена отчетами международных компаний и исследовательских групп, занимающихся формированием промышленных симбиотических цепочек, аналитическими обзорами международных и российских организаций, нормативно-правовыми актами и официальными статистическими данными России и других стран.

Соответствие диссертации Паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 5.2.3. «Региональная и отраслевая экономика» ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ: п. 7. «Экономика инноваций», п. 7.4. «Вклад инноваций в экономическое развитие и повышение конкурентоспособности хозяйствующих субъектов», п. 7.9. «Разработка методологии и методов анализа,

моделирования и прогнозирования инновационной деятельности. Оценка инновационной активности хозяйствующих субъектов».

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в том, что на основе анализа теоретических подходов и современной практики функционирования промышленных симбиозов предложена модель формирования устойчивых промышленных симбиотических цепочек на основе распределенного лидерства, имеющая значительный потенциал повышения инновационной активности предприятий-участников обменов с положительным экономическим эффектом.

Наиболее существенные результаты исследования, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем, заключаются в следующем:

1. Развита концептуальный подход к организации инновационной деятельности предприятий, предусматривающий взаимосвязанный учет межфирменной кооперации, институциональной поддержки и вовлечения вторичных ресурсов в производственные процессы. Особенность подхода заключается в функциональном разграничении инноваторов, фасилитаторов и регуляторов с учетом возможности совмещения одной организацией нескольких ролей. Это позволяет, в отличие от традиционных подходов (ограниченных анализом макросреды, внутренних инструментов компаний, прямой оценкой эффектов), сформировать целостный подход к развитию и внедрению инноваций в современных экономических условиях и позволяет осуществлять управленческое воздействие на развития инновационной деятельности предприятий при формировании промышленных симбиотических цепочек.

2. Уточнено и расширено содержание понятия «промышленный симбиоз» как формы межфирменной кооперации, обладающей организационно-инновационным потенциалом и создающей условия для разработки, внедрения и распространения технологических решений по включению в цепочку создания новой стоимости вторичных ресурсов, что позволяет рассматривать

промышленный симбиоз как драйвер инновационной деятельности предприятий-участников. Отличие уточненного содержания промышленного симбиоза определяется тем, что обоснована взаимосвязь ресурсных обменов, обмена знаниями и совместного поиска технологических решений с развитием инновационной деятельности предприятий, что позволяет предприятиям-участникам и институтам поддержки инноваций определять наиболее перспективные направления межфирменной кооперации, объединяя обмен вторичными ресурсами с совместной разработкой и внедрением технологий для создания новой добавленной стоимости, снижения производственных издержек и повышения эффективности использования ресурсов.

3. Разработан типологический подход и предложена типология моделей формирования промышленного симбиоза, базирующаяся на четырех признаках типологизации: способ возникновения симбиотических связей, наличие организации-лидера, коммерческий или некоммерческий характера ее деятельности, участие в ресурсных обменах. Выделено пять типов моделей: самоорганизующаяся модель без выделенного лидера и четыре модели с лидером, различающиеся по характеру деятельности и участию в симбиотической цепочке. В отличие от существующих подходов, классифицирующих промышленный симбиоз преимущественно по признаку самоорганизации, доказано критическое влияние субъектности лидера (коммерческая/некоммерческая организация) на результативность промышленных симбиотических связей, что позволяет систематизировать особенности координации симбиотических цепочек и разрабатывать направления их совершенствования для повышения эффективности использования ключевых ресурсов.

4. Предложена и обоснована модель формирования промышленного симбиоза с распределенным лидерством, предусматривающая распределение функций инициирования и координации симбиотических цепочек между несколькими коммерческими и некоммерческими участниками, включёнными в

ресурсный обмен. Отличительной особенностью модели является сочетание нескольких центров формирования симбиотических связей с возможностью передачи лидерских функций от одного участника другому в зависимости от ресурсов, технологических компетенций и решаемых задач в конкретный период времени. Это обеспечивает кумулятивный эффект и позволяет минимизировать институциональные и операционные ограничения, выявленные в ходе эмпирического анализа действующих практик промышленного симбиоза. В целом модель направлена на расширение возможностей совместного поиска, апробации и внедрения инновационных решений и снижение зависимости от единственного координатора.

5. Разработана многокритериальная система показателей для оценки промышленных симбиозов и предложена методика сравнительной оценки экономического и инновационного потенциалов существующих моделей промышленного симбиоза, объединяющая показатели их структурных характеристик (число участников, отраслевое разнообразие, ресурсные различия, виды продуктов обмена, число организаций-лидеров) и результативности (экономические, экологические, социальные и инновационные показатели результативности). На базе использования методики была доказана зависимость итоговых экологических, социальных, экономических и инновационных эффектов от плотности и количества сформированных симбиотических цепочек. В отличие от существующих подходов к оценке симбиозов, в методике используются относительные показатели действующих симбиозов для расчетной оценки потенциальных эффектов модели. Разработанная методика была применена для оценки новой модели формирования промышленного симбиоза, что позволило оценить потенциал предложенной модели с распределенным лидерством и доказать целесообразность ее использования для развития инновационной деятельности предприятий.

Теоретическая значимость диссертационного исследования состоит в расширении научных знаний в части особенностей развития промышленных симбиотических цепочек и активизации инновационной деятельности, а также теоретических положений, характеризующих развитие и достижение экологических, социальных, экономических и инновационных эффектов для предприятий от реализации промышленного симбиоза.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в возможности использования ключевых выводов исследования при развитии промышленных симбиозов и активизации инновационной деятельности организаций как российскими частными компаниями, так и государственными органами. Дополнительно результаты диссертационного исследования могут быть использованы в рамках разработки и реализации учебных дисциплин «Инновационное предпринимательство», «Операционный менеджмент», «Корпоративная социальная ответственность».

Апробация результатов исследования

Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались на научно-практических конференциях и круглых столах: VI Международная Межвузовская научно-практическая конференция института магистратуры «Инновационные направления устойчивого развития экономики и общества» (апрель 2017); Дискуссионный круглый стол с международным участием «Биоэкономика: инновации, проекты, кадры...» (октябрь 2019); Научная конференция аспирантов «Современные подходы к развитию научных исследований в XXI веке» (апрель 2020); Международная научно-практическая конференция «Развитие теории и механизмов повышения устойчивости, инновационности и конкурентоспособности пространственного развития экономики регионов» (июнь 2024); XII Ежегодная научная конференция «Государственно-частное партнерство: модели и опыт-2026» (май 2026); V Международная научно-практическая конференция: «Устойчивое развитие регионов: проблемы и перспективы» (Диплом II степени, июнь 2026).

Публикация результатов исследования

Основные положения и результаты диссертационного исследования нашли отражение в научных публикациях автора, включая статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ. По теме исследования опубликовано 8 работ общим объемом 5,95 п.л. (личный вклад – 4,0 п.л.), в том числе 5 публикации в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, объёмом 4,85 п.л. (вклад автора 3,4 п.л.).

Структура диссертации. Диссертационное исследование состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и 3 приложений. Во введении определены цель и задачи исследования, раскрыта научная новизна. В первой главе рассмотрены теоретические основы инновационной деятельности предприятий, систематизированы модели промышленных симбиозов. Во второй главе выявлены ограничения и вызовы развития инновационной деятельности, обобщены результаты эмпирических исследований формирования симбиотических связей. В третьей главе обоснована авторская модель формирования промышленного симбиоза, предложена методика оценки ее экономического и инновационного потенциалов. В заключении сформулированы основные выводы и результаты исследования.

ГЛАВА 1. ПРОМЫШЛЕННЫЙ СИМБИОЗ В КОНТЕКСТЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

1.1. Теоретические основы инновационной деятельности предприятия

В современных условиях ключевым фактором роста экономики и повышения уровня жизни населения стало развитие и внедрение новых технологий [1]. Их использование положительно влияет на повышение эффективности процессов и бизнес-моделей, создание новых рынков, объем привлекаемых инвестиций, рост рыночной капитализации компаний. Инновационная активность предприятий определяет их устойчивую конкурентоспособность и потенциал роста. Иначе в долгосрочной перспективе растет вероятность потери рынков сбыта, снижения производительности труда, оттока наиболее квалифицированных кадров и инвестиций.

Понятие «инновация» – предмет исследований широкого круга авторов с XX века. Впервые данный термин был введен в научный оборот в 1911 г. Й.А. Шумпетером [68]. В приложении А (таблица А1) приведен детальный авторский обзор различных подходов к определению данного понятия. Как демонстрирует обзор, «инновация» является сложной и многоаспектной научной категорией и предметом практических дискуссий, что отображает существующее многообразие подходов к пониманию данного термина. Однако далеко не все определения учитывают многоаспектность рассматриваемого понятия, в числе которых новизна (в определенной области знания); прикладной характер; нацеленность на внедрении и достижении практического результата; процессный подход (как при разработке самого решения, так и его внедрении); экономический эффект (как положительный, так и отрицательный).

При этом в научной литературе встречаются термины, которые имеют некоторые сходства с понятием «инновация» (например, «изобретение»). В приложении А (таблица А2) приведен обзор терминов, подобных исследуемому.

Каждое из рассмотренных понятий («модернизация», «изобретение» / «открытие», «новая идея» / «новация», «новшество», «нововведение») отличается от термина «инновация». С нашей точки зрения эта разница заключается в отсутствии прикладного характера и/или экономического эффекта в определении других терминов в сравнении с «инновацией». Только понятие «модернизация», которое характеризуется масштабностью внедряемых изменений, ближе остальных к термину «инновация» по значению, а также может являться разновидностью этого понятия.

С учетом результатов проведенного анализа, мы считаем, что инновация, - это разработанное и внедренное новое прикладное решение в определенной сфере деятельности человека, которое удовлетворяет существующую потребность на рынке и несет положительный экономический эффект для своего владельца/автора (в частности, предприятия).

В дальнейшем сосредоточимся на изучении понятия «инновационной деятельности» (таблица 1).

На основе приведенного в табл. 1 обзора автор выделяет следующие характеристики инновационной деятельности:

1. Общая нацеленность на развитие и внедрение инноваций.
2. Ориентация на достижение долгосрочных конкурентных преимуществ и положительного экономического эффекта у тех, кто развивает и внедряет инновации.
3. Комплексность подхода, заключающаяся в применении всевозможных методов и инструментов, относящихся к различным видам деятельности (например, научная, технологическая, производственная, управленческая, организационная, финансовая, инвестиционная, коммерческая, юридическая, формирование партнерств и другое) для достижения заведомой цели (внедрение инноваций с положительным экономическим эффектом).

Таблица 1 – Обзор подходов к определению понятия «инновационная деятельность»

Авторы	Подходы к определению «Инновационная деятельность»
Законодательство РФ [4]	«Деятельность (включая научную, технологическую, организационную, финансовую и коммерческую деятельность), направленная на реализацию инновационных проектов, а также на создание инновационной инфраструктуры и обеспечение ее деятельности».
Кравцова Е.Н., Воронин В.П. [39]	«Деятельность, направленная на получение результатов научных исследований и проведение экспериментальных разработок, которые должны быть реализованы как новый или усовершенствованный продукт, востребованный рынком, а также на создание нового или совершенствование существующего технологического процесса, которые будут использованы в будущей производственной деятельности организации».
Алексеев А.Н. [8]	«Сложная динамическая система действия и взаимодействия различных методов, факторов и органов управления, занимающихся научными исследованиями, созданием новых видов продукции, совершенствованием оборудования и предметов труда, технологических процессов и форм организации производства на основе новейших достижений науки, техники».
Пшеничников С.В. [54]	«Взаимосвязанная совокупность видов работ по созданию и распространению инноваций».
Tuominen Т., Toivonen М. [165]	«Все виды деятельности, направленные на содействие созданию и использованию полезных новшеств в организациях».
«Организация экономического сотрудничества и развития» (ОЭСР) [90]	«Инновационная деятельность включает все научные, технологические, организационные, финансовые и коммерческие шаги, которые фактически или по замыслу ведут к осуществлению инноваций».
Степаненко Д.М. [59]	«Деятельность, охватывающая собой: 1) Осуществление фундаментальных и (или) прикладных исследований. 2) Выполнение опытно-конструкторских и (или) опытно-технологических работ. 3) Осуществление и (или) внедрение в практику экспериментальных разработок. 4) Внедрение новых технологий. 5) Техническое переоснащение производства. 6) Подготовка производства для выпуска новой или усовершенствованной продукции и (или) внедрения и использования новой технологии. 7) Производство новой или усовершенствованной продукции и (или) оказание новых услуг.

	8) Производство продукции и (или) оказание услуг с высокой долей добавленной стоимости. 9) Осуществление испытаний нового или усовершенствованного продукта, новой или усовершенствованной технологии. 10) Продвижение новых или усовершенствованных продуктов, технологий, услуг на внутренний и (или) мировой рынок. 11) Подготовка, переподготовку, повышение квалификации кадров. 12) Экспертиза, консультационные, информационные, юридические или иные услуги (включая организацию финансирования), связанные с созданием, внедрением, освоением, производством и реализацией новых или усовершенствованных продуктов (технологий, услуг). 13) Создание, патентование (в том числе за рубежом) объектов интеллектуальной собственности, приобретение или передачу прав на них, включая их вовлечение в экономический и гражданско-правовой оборот. 14) Производство продукции (выполнение работ, оказание услуг) с использованием объектов интеллектуальной собственности. 15) Прогрессивные усовершенствования используемой техники, технологии производства, производимой продукции, выполняемых работ, оказываемых услуг. 16) Экспорт новых или усовершенствованных продуктов (услуг, технологий). 17) Создание новых рынков продукции (работ, услуг). 18) Внедрение и использование в повседневной практике новых прогрессивных решений в социальной сфере, в сфере государственного управления, в сфере обороны и безопасности. 19) Внедрение и использование в повседневной практике новых прогрессивных решений организационного, управленческого, финансового, коммерческого, юридического или иного характера. 20) Пропаганда новых научных достижений, новых методов хозяйствования, новых технологий, продуктов, услуг. 21) Финансовые вложения, связанные с реализацией указанных выше действий. 22) Создание и развитие объектов инфраструктуры, способствующих осуществлению указанных выше действий».
--	---

Участников инновационной деятельности можно разделить на три основные группы (рис. 1).

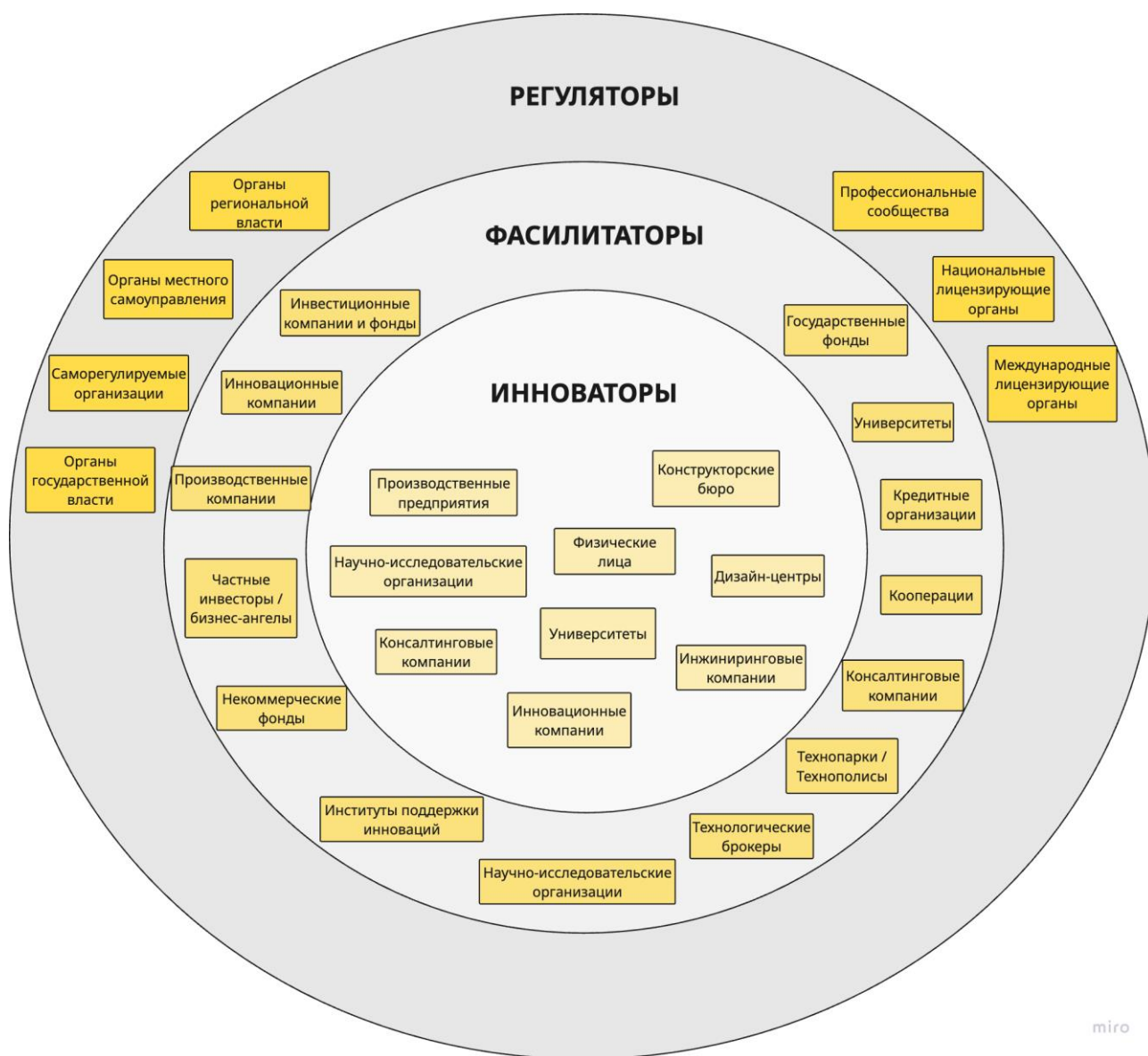


Рис. 1 – Участники инновационной деятельности

Составлено автором на основании [8, 11, 30, 32, 40, 169].

Уточнения к определяемым автором исследования участникам инновационной деятельности:

1. «Инноваторы» – те, кто напрямую развивают инновации. В данную категорию отнесены организации и физические лица, являющиеся авторами инновационных решений и их внедренцами. Помимо общеизвестных «Инноваторов», к которым относятся инжиниринговые компании, научно-исследовательские, инновационные компании, развивающие продуктовые инновации [68] (новые или значительно улучшенные с точки зрения свойств или способов использования товары или услуги) автор относит к этой категории и консалтинговые компании. Данные организации, как известно, вносят вклад в разработку и внедрение новых организационных структур [128] и бизнес-процессов [108] на различных предприятиях, что является организационными и процессными инновациями соответственно [95].

2. «Фасилитаторы» – те, кто косвенно влияет на развитие инноваций. В дополнение к таким структурам, которые поддерживают развитие инновационной деятельности с помощью различных инструментов (предоставление льгот, в том числе налоговых; грантовое и венчурное финансирование; субсидирование целевых услуг, например, сертификация продукции, патентование технологии; консультационная помощь; маркетинговая поддержка), как институты поддержки (например, Фонд «Сколково» [65] или «Фонд Содействия Инновациям» [36]), различные формы межфирменной кооперации (например, кластер [13], экосистемы [42] и другие), технопарки, технологические брокеры, автор считает возможным относить и тех, кто одновременно является «Инноваторами». Например, производственные компании зачастую выступают заказчиками инновационного оборудования [91], тем самым стимулируя процесс разработки и производства инновационной продукции среди производственных организаций. Также научно-исследовательские организации могут относиться к категории «Фасилитаторов», так как при реализации собственных разработок используют механизмы аутсорсинга [88] (например, контрактная разработка определенных систем в дизайн-центрах или инжиниринговых компаниях) или партнерства [78].

3. «Регуляторы» – те, кто создает среду для развития инноваций. К данной категории автор относит структуры, которые регулируют инновационную деятельность на международном, национальном и локальном уровнях. Инструментами данных структур выступают законы, постановления, стандарты, лицензии, административные и экономические решения и другое [38].

В научной литературе встречаются различные модели и подходы к управлению отдельными аспектами инновационной деятельности предприятий. В таблице 2 приведен обзор данных моделей.

В приведенных моделях и подходах к управлению инновационной деятельностью изучаются такие вопросы, как:

1. Влияние факторов внешней среды (в частности, страновые факторы, мировые тренды) на развитие инновационной деятельности предприятий.

2. Подходы к эффективному управлению инновационной деятельностью предприятий (определение приоритетных направлений, методы организации работ, инструменты ведения инновационной деятельности, подходы к принятию управленческих решений).

3. Оценка объема и вероятности эффектов на результаты предприятий от ведения инновационной деятельности.

При этом в указанных моделях не исследуются и не учитываются такие аспекты, как роль и вклад фасилитаторов (в частности, кооперации, некоммерческие фонды и институты поддержки инноваций) в развитие инновационной деятельности. По мнению автора, эффект от данных акторов может быть существенным. Также в существующих моделях управления инновационной деятельностью не рассматривается такая область деятельности предприятий, как обращение с продуктами вторичной переработки (другими словами, отходами). Автор настоящего исследования предполагает, что дальнейшее изучение возможностей их повторного использования и разработки в этой области способны не только стимулировать инновационную деятельность предприятий и принести дополнительный положительный экономический

эффект, но и оказать позитивное влияние на устойчивое развитие общества в целом.

Таблица 2 – Модели и подходы к управлению инновационной деятельности предприятий

Авторы	Основные положения
Борисоглебская Л. Н., Волкова С. Н., Шлеенко А. В. [38]	Прогноз экономического развития предприятия под воздействием его инновационной деятельности (в частности, при разработке нового продукта) с учетом его текущей продуктивности и имеющихся у него информационно-энергетических потоков.
Волкова В. Н., Кудрявцева А. С. [24]	Алгоритм определения целевых направлений ведения инновационной деятельности предприятий (в частности, для судостроительной промышленности).
Васяйчева В. А., Герасимов Б. Н.	Модель развития системы управления ведением инновационной деятельности на предприятиях.
Попов Е. В., Симонова В. Л., Тихонова А. Д. [51]	Зависимость моделей развития цифровых платформ (например, «Яндекс») от моделей инновационной деятельности, применяемые в тех или иных странах.
Родионов Д. Г., Надежина О. С., Титаренко Д. С. [56]	Модели адаптивного управления инновационной деятельностью предприятия для обоснования управленческих решений (например, параметры коммерциализации результатов инновационной деятельности: период и цена реализации нового продукта; продажа результатов разработок другой компании; взаимодействие с компаниями-конкурентами).
Титов Л. Ю. [63]	Сетевая модель инновационной деятельности, в рамках которой все функции всех участников процесса (предприниматели, предприятия, государство), а также их взаимодействие между собой, нацелены на развитие и внедрение инноваций.
Кострова Ю. Б., Шибаршина О. Ю. [37]	Постоянное и комплексное совершенствование инновационной деятельности предприятия, которая является инструментом достижения стратегических целей предприятия.
Da Silva F. M., Oliveira E. A. A. Q., de Moraes M. B. [111]	Модели инновационной деятельности четырех предприятий малого и среднего бизнеса (процесс распространения инноваций от идеи до внедрения нового продукта). В рамках каждой модели предполагается привлечение сторонних предприятий на этапе выполнения НИОКР (Университеты, технологические партнеры, поставщики).
Arrio F. P. [96]	Модель влияния цифровой трансформации на инновационную деятельность предприятий на трех уровнях: макроуровень (инновационная экосистема), мезоуровень (организационные процессы, бизнес-модели и так далее), микроуровень (команды, предприниматели и так далее).

Участниками инновационной деятельности являются как сами инноваторы, так и те, кто косвенно влияет на развитие и распространение инноваций: фасилитаторы и регуляторы. При этом одни и те же структуры могут

одновременно относиться к нескольким группам участников (например, научно-исследовательские организации, которые могут быть и инноваторами, ведя самостоятельную инновационную деятельность, и фасилитаторами, передавая часть работ по НИОКР сторонним организациям по модели аутсорсинга).

Существует значительный потенциал изучения роли и вклада фасилитаторов и поиск решений и разработок по теме повторного использования продуктов вторичной переработки на инновационную активность предприятий.

1.2. Особенности промышленного симбиоза и его влияние на инновационную деятельность участников симбиотических цепочек

В рамках глобальной дискуссии о сохранении окружающей среды с одновременной нацеленностью большинства экономик мира на достижение экономического роста [6] были выработаны концепции [137], базовые идеи которых стали основой для формирования промышленного симбиоза:

1. Концепция устойчивого развития [66] (предмет исследований с 1972 г.) базируется на предположении, что предотвратить негативный тренд (при сохранении тенденций производства и потребления, негативной нагрузки на окружающую среду, увеличения населения и так далее, пределы роста будут достигнуты в XXI веке, а результатом станет резкое падение численности населения и стагнация производства и экономики в целом) возможно лишь при условии перехода от неконтролируемого роста к глобальному равновесию для удовлетворения основных материальных потребностей и реализации творческого потенциала каждого человека. Принятые в 2015 году цели устойчивого развития охватывают экономические, социальные, экологические и институциональные аспекты [14; 31; 98].

2. Модель циркулярной экономики (развивается параллельно с концепцией устойчивого развития) основана на идее максимально эффективного использования имеющихся у общества ресурсов и минимального (на уровне необходимого) изъятия их из природной среды [49]. Считается, что циркулярная

экономика является способом достижения ряда целей устойчивого развития [46]. Многие десятилетия основным способом утилизации остаточных продуктов производства и потребления служили полигоны твердых бытовых отходов, отвалы промышленных предприятий, хвостохранилища. Повторное использование, переработка и восстановление этих ресурсов могут значительно снизить нагрузку на окружающую среду. Первые работы по вопросам циркулярной экономики и формирование самого термина появляются в научной литературе в 2005 г. Заметный рост заинтересованности к данной концепции среди исследователей проявляется в 2014 г., начиная с которого количество работ, посвященных вопросам развития циркулярной экономики, ежегодно растет в экспоненциальной форме [55]. Современный практико-ориентированный подход к определению циркулярной экономики первоначально предложен не в академической литературе, а в инициативах правительственных кругов и бизнес-сообществ стран Европы [163], Канады [102], Китая [103] и Японии. Подразумевалось, что возможно формирование таких систем, в которых жизненный цикл любого продукта/ресурса может быть существенно продлен, если производственные предприятия обращаются с продуктами вторичной переработки с помощью одного из следующих способов:

- повторное использование;
- сырье в производствах (как в новых, так и в тех, где ресурс был ранее произведен);
- восстановление и дальнейшее использование (например, ремонт, в том числе, на компонентном уровне);
- переработка (до разложения на исходные материалы);
- утилизация.

Приведенные выше способы расположены в порядке приоритетности с точки зрения циркулярной экономики. Другими словами, самым приоритетным способом обращения с отходом является его повторное использование, наименьшим – утилизация. Таким образом, чем дольше тот или иной продукт

находится на первых циклах, тем дешевле в целом обходится его производство по сравнению с его утилизацией. В соответствии с данной концепцией сжигание является одной из наименее предпочтительных форм обращения с отходами, а самой неблагоприятной – захоронение.

В целом концепция циркулярной экономики затрагивает ряд направлений основной деятельности предприятий, в том числе [118]:

- управление продуктом на всех стадиях его жизненного цикла (планирование, разработка, внедрение, запуск массового производства, маркетинг и продвижение продукта);
- закупки/выбор поставщиков (например, использование возобновляемых материалов или сырья, произведенного из продуктов вторичной переработки);
- операционная деятельность (например, энергоэффективное производство);
- использование возобновляемых источников энергии;
- повторное использование производственных отходов;
- обслуживание активов с истекшим сроком службы (например, поддержка инициатив по восстановлению отработанного оборудования).

Параллельно с развитием идей циркулярной экономики развивались другие теории и концепции, в основе которых заложены идеи минимизации влияния негативного эффекта на экологию при ориентации подавляющего большинства экономик мира на постоянный экономический рост. В таблице 3 приведены результаты сопоставительного анализа циркулярной экономики с другими экологически-ориентированными концепциями и теориями.

Экономика замкнутого цикла идентична циркулярной экономике, которая ориентирована на аналогичные принципы. В рамках концепции промышленной экологии (в большей степени) делается акцент на использовании рациональных и «безотходных» технологий, а естественного капитализма и функциональной экономики – на рациональном использовании ресурсов.

Таблица 3 – Матрица сопоставления экологически-ориентированных концепций и теорий с концепцией циркулярной экономики

Авторы	Теория/ Концепция	Фокус	Пересечения с принципами циркулярной экономикой
K. E. Boulding, G. Reday- Mulvey [99; 155]	Экономика замкнутого цикла	Аналогично циркулярной экономике	Аналогично
H. Tibbs, [161]	Промышленная экология	Развитие и применение «безотходных» технологий	Рациональное использование природных ресурсов и, тем самым, минимизация негативного эффекта на окружающую среду
A. B. Lovins [132]	Естественный капитализм	Эффективность производственных процессов с точки зрения экономики и экологии	Рациональное использование ресурсов (вода, энергия, материалы, земля и др.)
W.R. Stahel., Н. И. Кириякова [35; 156]	Функциональная экономика	Новые бизнес- модели	Оптимальное потребление
A. U. Zaman [172]	«Нулевые выбросы»	Сокращение объемов образования отходов, отказ от их захоронения и мусорных полигонов	Минимизация генерации парниковых газов
M. Braungart, W. McDonough [101]	«От колыбели до колыбели»	Разработка систем, не вызывающих негативного воздействия на окружающую среду	Имитация природной системы, отсутствие понятия «отход»
M. R. Chertow, J. Ehrenfeld, T. Domenech [106; 115]	Промышленный симбиоз (ПС)	Устойчивое сотрудничество производственных систем из различных отраслей	Обмен материалами, энергией, водой, полуфабрикатами и продуктами вторичной переработки между предприятиями

Составлено автором

Идея «нулевых выбросов» обращает внимание на необходимость минимизации парниковых газов для сохранения окружающей среды в будущем. Авторы концепции «От колыбели до колыбели» предлагают сосредоточиться на развитии экономических систем, которые не вызывают негативного воздействия на окружающую среду.

В основе концепции промышленного симбиоза, которая, по мнению исследователей, является инструментом циркулярной экономики [53], заложен принцип: отходы одного предприятия являются ресурсами для другого. Тем самым, промышленный симбиоз (ПС) концептуально вносит вклад в создание условий развития экономических систем с положительным эффектом для экологии.

Первые исследования по теме промышленный симбиоз появились в 1980-х гг. [106] Однако на практике развитие первых промышленных предприятий и территорий было начато в конце 1950-х гг. [170].

Промышленный симбиоз подразумевает сотрудничество предприятий с целью оптимизации производственных издержек путем использования побочных продуктов и отходов одних производств другими в качестве сырья, а также совместное потребление информационных, энергетических и прочих ресурсов [21]. В одном из определений, получивших распространение в научной литературе, ПС характеризуется как процесс, объединяющий независимые отрасли в единый механизм с целью получения конкурентных преимуществ за счет обмена побочными продуктами производств [15], при этом акцент делается на «возникающие ввиду географической близости синергетические возможности» [106, с. 18].

Отраслевая принадлежность предприятий влияет на структуру симбиотических сетей. Существующие исследования демонстрируют, что первоначальные партнерские связи, как правило, устанавливаются между предприятиями пищевой и добывающей отраслей, производителями цемента, удобрений, биологического топлива, бумаги, а также нефтеперерабатывающими и фармацевтическими компаниями. Дальнейшее развитие подобных цепочек сопровождается переходом к снабжению остаточными отходами и побочными продуктами производства фермерских, рыбоводческих хозяйств, пивоварен и тому подобное [113]. Такие симбиотические сети зачастую возникают вокруг якорной организации, напрямую связанной с потребителями и, как правило,

обеспечивающей партнеров ключевыми ресурсами (водой, электрической или тепловой энергией) или предоставляющей мощности для переработки отходов. С развитием кооперации возникают комплексные сети и тесные взаимосвязи между всеми участвующими предприятиями.

Исследователи отмечают, что в рамках промышленного симбиоза происходит объединение предприятий и организаций различных областей. Существуют примеры симбиозов, участники которых представляют и семь (Китай), и девять (США) секторов экономики [141]. Помимо производственных, энергетических и коммунальных предприятий в ПС принимают участие государственные и муниципальные организации; научные центры; строительные (девелоперские), риелторские и консалтинговые (различного профиля) компании; предприятия сферы ретейла и ремонта бытовой техники.

Из-за участия структур широкого перечня секторов в производственных симбиотических цепочках, а также постоянной необходимости в поиске новых решений по повторному использованию продуктов вторичной переработки в рамках симбиоза, исследователи отмечают, что ПС оказывает содействие развитию инноваций (или «эко-инноваций») [131]. В частности, в Калуннборге (Дания) формирование одного из самых известных примеров практической реализации симбиоза началось в 1972 г. с проработки инициативы двух компаний, расположенных в относительной близости друг к другу: нефтеперерабатывающий завод и производитель гипсовых плит [168]. Идея заключалась в изучении возможности использования избыточного тепла и попутного газа завода в производственном процессе производителя строительных материалов. Для решения подобной задачи необходимо вовлечение специалистов различного профиля (в том числе инженеров, конструкторов и др.), проведение исследований, оценка вариантов реализации, выполнение проектных и инженерных работ и так далее. В итоге реализация данной задачи:

1. Инициировала развитие продуктовой инновации, как минимум, для одного участника кооперации (новый способ / метод передачи избыточного газа).

2. Побудила развитие процессных/организационных инноваций для двух участников (новые бизнес-процессы как для нефтеперерабатывающего завода, так и для производителя гипсовых плит).

3. Стала основой для целого ряда продуктовых и процессных инноваций в регионе в долгосрочной перспективе (сегодня более десяти организаций участвуют в более чем двадцати симбиотических цепочках).

В таблице 4 приведен обзор исследований на тему кооперации между предприятиями начиная с работ классиков экономической мысли [10].

Обзор демонстрирует, что ПС может являться формой кооперации между предприятиями, так как:

- ПС подразумевает сотрудничество независимых друг от друга предприятий.

- Сотрудничество в рамках ПС предполагает извлечение экономических выгод (например, оптимизация производственных цепочек; экономия на приобретение сырья и материалов; дополнительный доход от реализации продуктов вторичной переработки).

- ПС позволяет участникам получать недостающие ресурсы (как материальные, так и нематериальные: технологии, знания, ноу-хау, информация и др.) [60].

Анализ наиболее цитируемых научных публикаций¹ по теме кооперации позволяет определить основные формы, мотивы и направления сотрудничества между предприятиями (приложение В, таблицы В1, В2 и В3).

¹ Более 10 цитирований у каждой рассмотренной публикации согласно научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU и Google Scholar.

Таблица 4 – Обзор исследований на тему «Кооперация»

Авторы	Исследование феномена кооперации
K. G. Smith, S. J. Carroll, S. J. Ashford [153]	Опыт формирования союза 20 городов-государств Древней Греции для противодействия Персии 440-х г. до н.э.
А. Смит [57]	Влияние разделения труда на рост объёмов производства, специализации – на экономию «времени на переход от одного вида работы к другому».
Д. Рикардо [52]	Специализация позволяет экономить в международной торговле на издержках, делая, тем самым, эффективным кооперацию при производстве сложных и/или неоднородных товаров.
К. Маркс, Ф. Энгельс [41]	Исследование производственной кооперации (взаимодействие многих производителей, отдельных рабочих или производственных коллективов независимо от их местоположения) на основе разделения труда.
А. Маршалл [19]	Промышленные (индустриальные) районы, в которых экономические субъекты, расположенные на определенной территории и обладающие некими общими трудовыми навыками, объединяются в замкнутые промышленные образования (прообраз современных кластеров). Такие межотраслевые взаимосвязи создают синергетический эффект, основанный на объединении трудовых усилий, который способствует разделению труда, специализации и, как следствие, повышению эффективности общественного производства.
Й. Шумпетер [67]	Компании (предприниматели), как главные субъекты экономического роста, совместно формируют новые технологические кластеры, поскольку инновации в одной сфере сопровождаются технологическими изменениями в других. Предприятия постоянно занимаются поиском и сохранением уникального стратегического преимущества на основе продуктовых, технологических, организационных инноваций.
Д. Форей [117]	Кооперация позволяет нивелировать сложности и риски для предприятий, связанные с необходимостью использования ограниченных ресурсов для выполнения НИОКР и поддержания бизнес-процессов в рамках непрекращающейся операционной деятельности.

Обзор показывает, что промышленный симбиоз не только является одной из форм кооперации между предприятиями, но и обладает новыми и отличительными характеристиками в сравнении с другими формами:

- в ПС вопросы обращения и/или обмена продуктами вторичной переработки в качестве предмета взаимодействия участников являются основными, в то время как для других форм кооперации – второго или третьего приоритетов;

- в ПС участниками цепочек могут быть и предприятия, которые напрямую задействованы в обмене тех или иных ресурсов, и структуры, оказывающие косвенное содействие развитию симбиоза. В других формах объектами исследований, как правило, выступают исключительно участники кооперационных связей (предприятия);

- ПС содействует инновациям (в том числе, эко-инновациям) и оказывает положительные долгосрочные позитивные изменения в обществе (например, ПС в г. Калуннборге).

При этом концепция промышленного симбиоза по своей сути имеет достаточно много схожих характеристик в сравнении с такими концепциями, как широко исследуемый сегодня «промышленный кластер» и объект исследований в СССР «территориально-промышленный комплекс» (ТПК) (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнение промышленного симбиоза с концепциями промышленного кластера и территориально-промышленного комплекса

Параметр	Промышленный кластер	Территориально-промышленный комплекс (ТПК)	Промышленный симбиоз
Цель	Повышение конкурентоспособности Увеличение доли рынка	Эффективное использование ресурсов	Экономия ресурсов / расходов Экология
Основные направления для взаимодействия	Совместные цепочки поставок НИОКР Маркетинг Управление человеческими ресурсами	Совместное использование ресурсов (природные, инфраструктурные, человеческие)	Передача побочных продуктов, излишних тепла или воды от одной компании к другой
Отрасли компаний-участников	Часто из одной или смежных отраслей	Разные, не связанные отрасли	Разные, не связанные отрасли
География	Географически локализован (в основном в рамках одного региона)	Географически локализован (но может быть и межрегиональный)	Географически локализован (но может быть и межрегиональный)

Составлено на основании [29; 43; 105; 106; 107; 135; 138; 139; 141].

Первичная цель формирования промышленного симбиоза отличается от других концепций. Промышленный кластер создается, в первую очередь, для

повышения конкурентоспособности и увеличения доходов предприятия (рост выручки через увеличение доли рынка). В контексте территориально-промышленного комплекса первично эффективное использование ресурсов несколькими предприятиями, расположенные поблизости друг относительно друга. Промышленный симбиоз характерен тем, что партнерства и цепочки формируются с соблюдением сокращения негативного эффекта на окружающую среду. Данная характеристика является одной из приоритетных при развитии симбиоза на практике в отличие от кластера и ТПК. Дополнительно важно отметить, что и для ПС, и для ТПК география важна, но территориальное деление вторично, в отличие от промышленного кластера, которые, как правило, развиваются на региональном уровне. Также обратим внимание на отраслевую принадлежность. В промышленном кластере принимают участие в основном организации из одной отрасли (например, автотранспортная промышленность). В ПС и ТПК предприятия не связаны единой отраслью. Использование концепции промышленного симбиоза позволяет достичь экологических, экономических, социальных и инновационных эффектов (таблица 6).

Таблица 6 – Эффекты промышленного симбиоза: экологические, экономические, социальные, инновационные

Эффекты ПС			
Экологические	Экономические	Социальные	Инновационные
Сокращение потребления природных ресурсов и энергии	Сокращение стоимости сырья и энергии, а также потери материалов	Создание новых рабочих мест (в том числе в сфере переработки и повторного использования продуктов вторичной переработки)	Активизация инновационной деятельности участников ПС через поиск решений для формирования симбиотических цепочек
Сокращение выбросов и отходов	Создание новых "зеленых" продуктов и рынков	Развитие экономики совместного потребления (sharing economy)	Сокращение расходов на выполнение НИОКР и внедрение инноваций
Производство продуктов вторичной переработки	Сокращение затрат на утилизацию отходов,	Наращивание общественных благ	Снижение рисков ведения НИОКР

в форме, обеспечивающей их естественную утилизацию	экологический мониторинг и контроль		и внедрения инноваций
	Сокращение экологических платежей и штрафов		Междисциплинарный обмен знаниями и доступ к успешным практикам и бенчмаркам

Составлено автором на основании: [113; 114].

При этом эффекты промышленного симбиоза связаны между собой, так как оказывают положительное влияние друг на друга (таблица 7).

Таблица 7 – Взаимозависимость выгод промышленного симбиоза

I. Вход ->	II. ПС ->	III. Выход
<u>Экологические эффекты</u> 1. Сокращение потребления природных ресурсов и энергии 2. Использование возобновляемых сырья и материалов	<u>Социальные эффекты</u> 1. Создание новых рабочих мест (в области повторного использования продуктов вторичной переработки) 2. Новые модели потребления (sharing economy) и общественные блага	<u>Экологические эффекты</u> 1. Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, воду и почвы 2. Сокращение использования природных экосистем
<u>Экономические эффекты</u> 1. Снижение затрат на сырье и материалы 2. Снижение экологических платежей и штрафов 3. Новые рынки сбыта	ПРОМЫШЛЕННЫЙ СИМБИОЗ	<u>Экономические эффекты</u> 1. Снижение ресурсоемкости производства 2. Дополнительная прибыль от продажи побочных продуктов/отходов 3. Снижение затрат на утилизацию
<u>Инновационные эффекты</u> 1. Снижение рисков ведения НИОКР и внедрения инноваций 2. Междисциплинарный обмен знаниями и доступ к успешным практикам (бенчмаркам)	<u>Инновационные эффекты</u> 1. Активизация инновационной деятельности участников ПС (в области повторного использования продуктов вторичной переработки)	<u>Инновационные эффекты</u> 1. Появление новых решений и технологий 2. Сокращение расходов на выполнение НИОКР и внедрение инноваций

Составлено автором на основании: [55]

В практико-ориентированных аналитических исследованиях приведена оценка потенциальных эффектов от перехода к циркулярной экономике, одним из инструментов которой выступает промышленный симбиоз.

1. По оценкам Еврокомиссии, переход к экономике замкнутого цикла позволит ежегодно экономить до 600 млрд евро только в секторе промышленного производства в масштабах ЕС.

2. По данным консалтинговой компании McKinsey & Company, мировая экономика при переходе к циркулярному типу развития способна дополнительно генерировать 1 000 млрд долл. США ежегодно.

Приведенные оценки основаны на исследовании потенциальных экономических, экологических и социальных показателях, которые были рассмотрены ранее [123], и не учитывают инновационные эффекты.

Таким образом, по мнению автора, промышленный симбиоз является новой формой кооперации предприятий (организационная инновация), которая формируется и развивается на основе базового принципа «отходы одного предприятия – ресурсы для другого». Данная концепция активизирует инновационную деятельность предприятий, что практически не исследовано в существующих работах по теме промышленных симбиотических цепочек. Дополнительно ПС снижает затраты и риски ведения НИОКР и внедрения инноваций, так как при формировании производственной симбиотической цепочки два ее потенциальных участника заинтересованы, как минимум, с точки зрения экономических эффектов, найти ту технологию, которая позволит на устойчивой, стабильной и постоянной основе использовать продукты вторичной переработки одного предприятия другим в собственном производственном цикле. ПС является инструментом циркулярной экономики и приводит к экономическим, социальным и экологическим эффектам.

1.3. Модели формирования и развития промышленного симбиоза (на основе российского и зарубежного опыта)

В рамках настоящего параграфа² приведены теоретические особенности формирования промышленных симбиотических цепочек, выявленные автором на основе накопленного профильного опыта в России и зарубежных странах.

Вопросы возникновения и развития промышленного симбиоза были предметом исследования и ранее. Согласно мнению М.Р. Чертоу [107], существует, как минимум, два подхода к формированию ПС:

1. «Самоорганизация» – ПС создается по инициативе компаний, заинтересованных в обмене ресурсами для снижения затрат, увеличения доходов или расширения бизнеса. Как правило, обмены организуются силами участников обменов в рамках пилотных проектов, которые проходят тестирование в рыночных условиях. При положительных результатах и сохранении взаимного интереса участников процесса симбиотические цепочки масштабируются.

2. «Планирование» – целенаправленные действия и усилия по выявлению заинтересованных в ПС предприятий из разных отраслей и их размещению в территориальной близости относительно друг друга для организации совместного использования ресурсов.

Описанные подходы позволили М.Р. Чертоу предложить четыре модели, согласно которым происходит формирование ПС на практике [106]:

1. «Формирование и рекрутинг». Это модель, которая основана на плановом подходе, определяется М.Р. Чертоу как базовая с точки зрения развития ПС. В рамках модели подразумевается наличие компании-лидера по развитию кооперации в лице определенной коммерческой или некоммерческой структуры. Лидер определяет ограниченную территорию, на которой развивается кооперация. Он самостоятельно планирует цепочки взаимодействия

² Данный параграф подготовлен с использованием результатов, опубликованных в авторской статье: Белых А. Л. Модели формирования промышленного симбиоза //Управление. – 2023. – Т. 11. – №. 1. – С. 51-63.

предприятий, определяет список возможных участников, проводит с ними переговоры, напрямую воздействует на действующих субъектов кооперации. Как правило, в данной модели лидер является «якорным» игроком, который участвует в большинстве сформированных кооперационных цепочках. Модель используется при организации классических индустриальных парков в большинстве случаев [22]. В данной модели компания-лидер целенаправленно не формирует промышленные симбиотические цепочки. Такие обмены могут формироваться в индустриальных парках случайным образом.

2. «Плановая модель ПС – Эко-индустриальный парк» является развитием предыдущей модели. Здесь также подразумевается наличие компании-лидера при организации кооперации. Однако в данной модели лидер целенаправленно организует обмены ресурсами между предприятиями на принципах ПС: определение заинтересованных компаний (как правило, из различных отраслей), их расположение на определенной ограниченной территории, переговоры по организации обмена ресурсами (приоритет – продуктами вторичной переработки), проведение тестовых обменов. Особенностью модели является акцент на техническом аспекте симбиоза: необходимость в поиске предприятий, имеющих возможность последовательно использовать продукты вторичной переработки других компаний в собственном производственном процессе.

3. «Самоорганизующаяся (спонтанная или хаотичная) модель формирования ПС». В этой модели отсутствует какая-либо компания-лидер, которая оказывает влияние на организацию обменов ресурсами. Промышленная экосистема возникает случайным образом в результате стремления определенных компаний использовать отходы других предприятий в целях снижения затрат, увеличении доходов или расширении собственного бизнеса. Частные инициативы по организации ПС подвергаются испытанию рынка, и, если обмены ресурсами оказываются успешными, вероятно появление новых цепочек при постоянной взаимной заинтересованности. Данная модель не трансформируется автоматически в институционально признанный симбиоз;

альтернативно ПС может существовать в качестве обмена между двумя участниками – это зависит от ситуации и поведения отдельных агентов.

4. «Модель реорганизации индустриального парка в эко-индустриальный». Данная модель также основана на плановом подходе формирования ПС. В ее основе заложена идея (зачастую, компании-лидера) преобразования индустриальных парков в эко-индустриальные. Среди мотивов развития ПС могут быть стремление предприятий обновить устаревшую инфраструктуру, снизить общие затраты за счет расширения сотрудничества между участниками, определить новые возможности для бизнеса на основе имеющихся и потенциально новых потоков и др.

В трех из четырех приведенных моделях (кроме «Самоорганизующаяся модель формирования ПС») присутствует организация-лидер, обладающая лидерскими полномочиями для построения и развития симбиотических кооперационных связей. В то же время авторами данных исследований не рассматривалась степень влияния формы организации лидера на процессы формирования ПС. Например, лидерами в данных процессах могут выступать как коммерческая, так и некоммерческая (в том числе государственные и негосударственные) организации. В данном параграфе приведен авторский подход к описанию моделей формирования ПС и их классификации.

Исследование моделей формирования ПС проводилось на основании анализа практических примеров международных и российских симбиозов. Фактографические данные о деятельности отобранных для анализа симбиозов были структурированы и представлены автором диссертационного исследования (параграф 2.2 настоящего исследования), что позволило выявить пять моделей формирования ПС. Результаты были обобщены и представлены в виде визуальных схем с помощью интерактивной онлайн-доски Miro.

Во всех представленных моделях субъектами ПС являются две группы организаций: коммерческие и некоммерческие. При этом компания-лидер некоторого симбиоза может как самостоятельно участвовать в потоках обмена

ресурсами, так и влиять на процессы организации симбиотических цепочек без своего непосредственного участия в них. При проведении анализа автор целенаправленно не использует классификацию компаний на государственные, частные и те, которые были сформированы в рамках государственно-частного партнерства, чтобы избежать усложнений и выявить принципиальные отличия противоположных теоретических моделей, сформированных с учетом практического опыта.

I. Самоорганизующаяся (хаотичная, спонтанная) модель формирования промышленного симбиоза

Согласно данной модели, ПС формируется и развивается хаотично, спонтанно. В данном процессе отсутствует какой-либо лидер, который оказывает влияние на процессы выстраивания кооперации. Симбиотические цепочки создаются при условии наличия взаимного интереса двух независимых организаций. Мотивами такой кооперации является стремление достичь, прежде всего, «осязаемого» экономического эффекта в рыночных условиях: снизить издержки и/или риски их появления, увеличить прибыль, диверсифицировать бизнес, сформировать благоприятный бренд предприятия и/или другое. Зачастую мотив участия в ПС может носить локальный характер, с которым организация сталкивается в определенный момент времени.

На рис. 2 в схематичном виде представлена самоорганизующаяся модель формирования ПС. Внутри круга, который имитирует случайное бизнес-сообщество на определенной ограниченной территории, представлены некие коммерческие и некоммерческие организации. Стрелки обозначают сформировавшиеся (сплошные линии) или формирующиеся (пунктирные линии) потоки обмена ресурсами между ними. Можно заметить, что одна и та же организация (коммерческая организация №2) может как принимать продукты вторичной обработки или другие ресурсы со стороны других предприятий, так и отдавать их другим предприятиям. При этом потоков «вход»/ «выход» может быть более двух, но в то же время симбиоз не организован институционально.

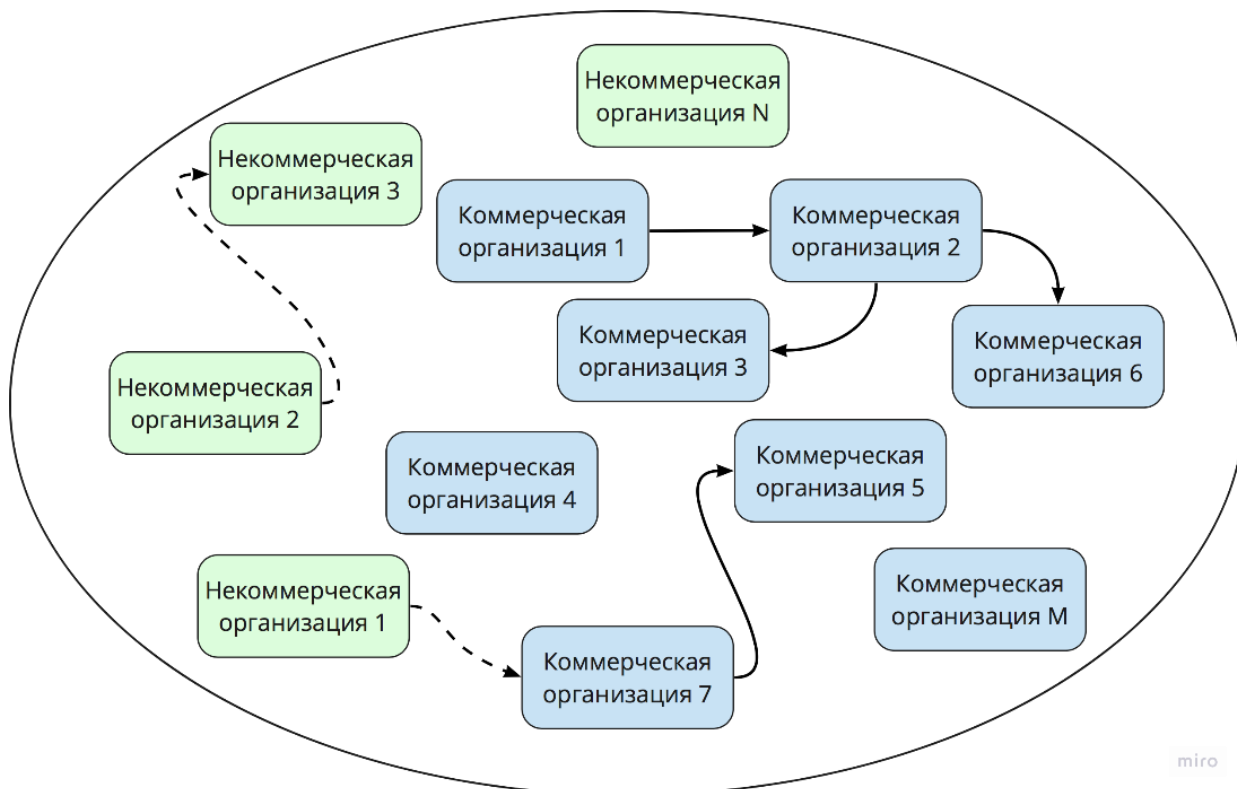


Рис. 2 – Самоорганизующаяся (хаотичная) модель формирования ПС [16]
Составлено автором

Примером реализации такой модели является ПС в г. Калуннборг (Дания) на первоначальной стадии своего развития (1972-1992 гг.) [170]. В этот период симбиоз развивался хаотично и не носил институционального характера (не было организации, которая целенаправленно занималась развитием симбиоза). В 1959 г. была запущена электростанция Orsted (ранее Asnaes). В начале деятельности предприятие столкнулось с низкой эффективностью выработки электроэнергии – до 60% получаемого тепла выбрасывалось в атмосферу, что требовало поиска решений для повышения операционной эффективности. В свою очередь, нефтеперерабатывающий завод (НПЗ) компании Equinor (ранее Statoil) выбрасывал существенные объемы горючих газов. В результате в рамках совместной научно-исследовательской работы электростанции и НПЗ в 1992 г. была открыта установка по очистке газов от серы, после чего стала возможной передача части тепла Equinor в направлении Orsted. Данное взаимодействие

позволило электростанции снизить объем потребляемого угля для генерации электроэнергии.

II. Модель формирования ПС под лидерством некоммерческой организации, участвующей в обмене продуктами вторичной переработки

Данная модель основана на плановом подходе развития ПС. В качестве компании-лидера выступает некоммерческая организация, которая непосредственно участвует в обменах ресурсами вторичной переработки. Лидер активно привлекается к созданию и других цепочек, занимаясь поиском новых участников, проводя переговоры с ними. Данная компания организует мероприятия, на которых продвигается идея ПС. Также у данной организации, в большинстве случаев, имеется выделенный бюджет для развития симбиотических цепочек. Источник финансирования может быть различным: собственные средства, бюджетные средства, взносы, гранты и др.

На рис. 3 представлена модель в схематичном виде. В прямоугольнике представлен ПС, который был институализирован, в том числе через наделение лидерских полномочий одной из некоммерческих организаций (под номером 1). Также пунктирными линиями указаны симбиотические цепочки, которые находятся на стадии тестирования (в том числе между коммерческой организацией 4, которая участвует в ПС, и некоммерческой организацией О, которая не участвует).

Эко-город Кавасаки (Япония) является одним из примеров развития ПС по данной модели. В 1997 г. была запущена национальная программа EcoTown Program Министерством окружающей среды и Министерством экономики, торговли и промышленности Японии [167]. Согласно данной инициативе, на территории страны развивается 26 проектов эко-городов, в число которых входит Кавасаки.

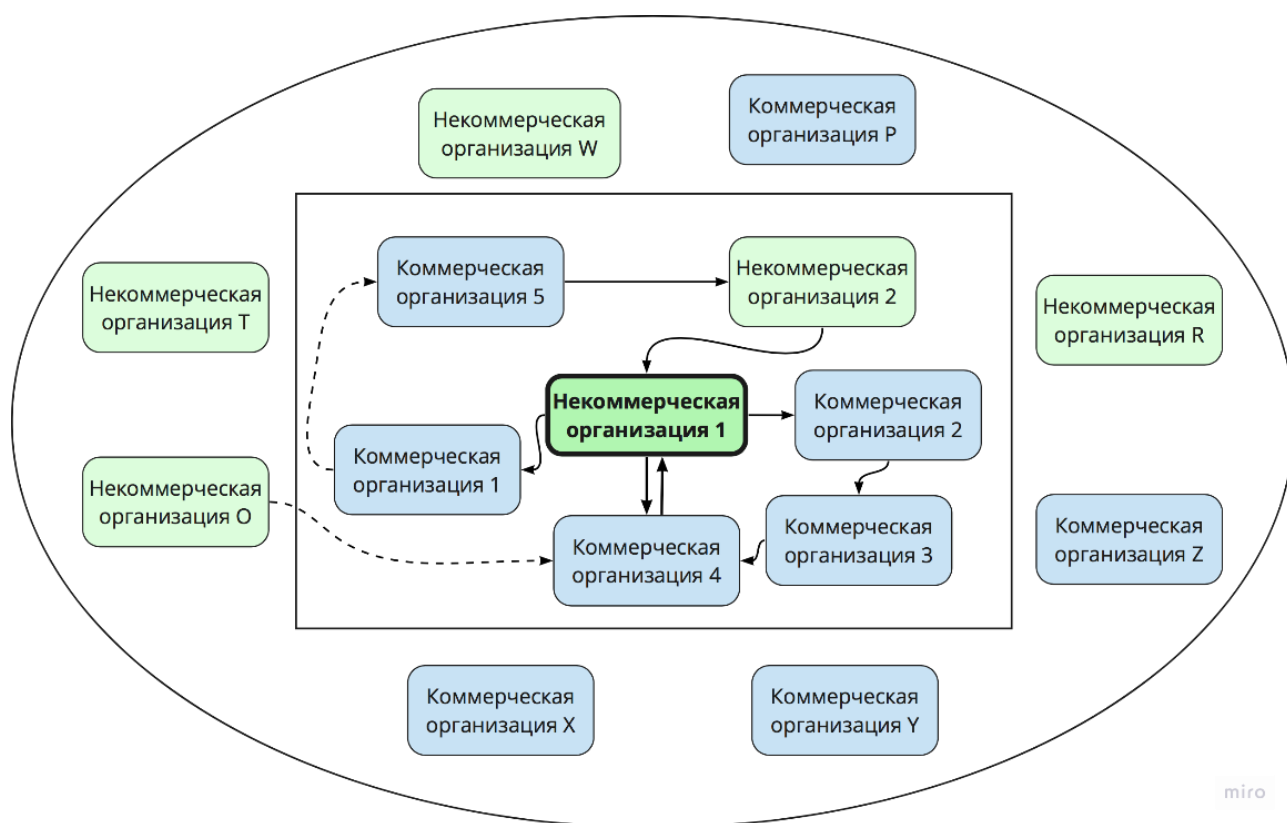


Рис. 3 – Модель формирования промышленного симбиоза под лидерством некоммерческой организации, участвующей в обмене продуктами вторичной переработки [16]

Составлено автором

На реализацию проекта в городе государством было выделено 25 млрд иен, которые были направлены на создание пяти предприятий, занимающихся переработкой пластиковых отходов, макулатуры, полиэтилентерефталата (ПЭТ), производством пластмасс для изготовления сырья для аммиака и изготовлением настенных панелей из пластика. Среди других объектов, которые не были субсидированы японским правительством, но действующие на территории эко-города, входят предприятие, перерабатывающее бытовую технику для производства металлолома, и цементный завод для повторного использования доменного шлака сталелитейной компании. Действующие обмены ресурсами в г. Кавасаки [113]:

1. Металл, централизованно собираемый муниципалитетом, перерабатывается на сталелитейных предприятиях JFE Steelworks и NAS Stainless Steel Mill.

2. Пластиковый мусор, который также собирается силами муниципалитета, используется Showa Denko при производстве аммиака.

3. Иловый осадок, пластиковый мусор города, грунт строительных площадок и доменный шлак JFE Steelworks компания DC Cement использует в производстве цемента.

4. Избыточное тепло DC Cement передается локальному целлюлозно-бумажному заводу (в среднем 50 млн Квт в год).

III. Модель формирования ПС под лидерством коммерческой организации, участвующей в обмене продуктами вторичной переработки

Данная модель основана также на плановом подходе развития ПС. Коммерческая организация является компанией-лидером, которая участвует в симбиотических обменах. Лидер не всегда активен в создании цепочек, в которых он не является участником. Однако, есть примеры, когда такая организация видит в развитии сторонних компаний и создании внешних для себя обменов ресурсами возможности для расширения своего бизнеса и стратегического развития. В таких случаях лидер выделяет определенный бюджет для оказания содействия развитию ПС и рассматривает альтернативы для инвестирования в проекты, связанные с данной концепцией. Источниками финансирования также могут быть как бюджетные, так и внебюджетные средства. На рис. 4 представлена модель в схематичном виде. В прямоугольнике представлен институализированный ПС под лидерством коммерческой организации (под номером 1).

В Новосибирске представлен ПС, развивавшийся по данной модели. Первоначально локальный производитель ядра кедрового ореха и кедрового масла начал использовать собственные производственные отходы (скорлупа ореха) в качестве топлива [147]. Для этого была построена котельная, работающая на сыпучих материалах (опилки, лузга подсолнечника, ореховая скорлупа и т. п.). Получаемое тепло использовалось для сушки ореха и отопления помещений.

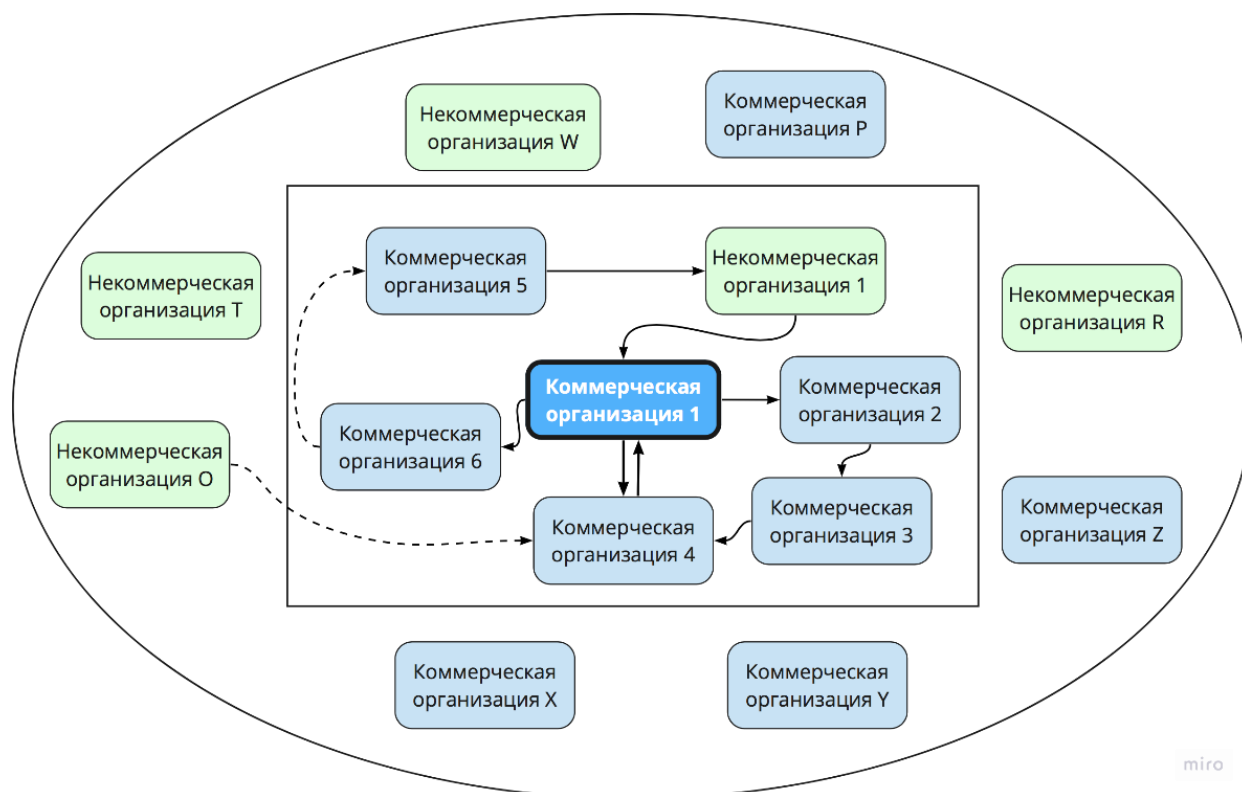


Рис. 4 – Модель формирования ПС под руководством коммерческой организации, участвующей в обмене продуктами вторичной переработки [16]
Составлено автором

В дальнейшем компания организовала сбыт собственной ореховой скорлупы в качестве ресурса:

1. Косметической компании для изготовления скраба.
2. Производителю специальных добавок в буровые растворы для нефтяных компаний.
3. Ландшафтным дизайнерам и садоводам для мульчирования почвы.

Еще одним примером развития ПС по указанной модели является город Детва (Словакия). В 1998 г. с начала деятельности компании Agrosev (производство сельскохозяйственной продукции и разведение коров для производства молока) начала постепенно приобретать близлежащие сельскохозяйственные предприятия. Со временем организация стала активно заниматься новыми для себя видами деятельности: растениеводство (рапс,

пшеница, ячмень, овес, кукуруза), скотоводство и овцеводство.

Agrosev активно развивает не только симбиотические цепочки, в которых компания принимает непосредственное участие, но и сторонние:

1. Продукты и отходы производственного процесса Agrosev используются в качестве корма для животных и сырья для двух биогазовых станций (станции были построены в 2009 г. и 2012 г. при финансовой поддержке Европейского Союза, был создан оператор биогазовых станций Bytes).

2. Переработка сельскохозяйственной и древесной биомассы путем дробления древесной щепы как в коммерческих целях, так и для улучшения грунта, очистки водных каналов и снижения риска затопления (комплекс по производству щепы был также реализован при финансовой поддержке Европейского Союза).

IV. Модель формирования ПС под лидерством некоммерческой организации, не участвующей в обмене продуктов вторичной переработки

Как во второй и третьей моделях, основой данной модели заложен плановый подход к развитию ПС. Некоммерческая организация является лидером, но не участвует в физических обменах ресурсов вторичной переработки. Деятельность по развитию ПС может быть основной или дополнительной для такой организации. На практике реализация такого функционала возможна управляющей компанией индустриального/эко-индустриального парка, муниципальным предприятием, специализированной организацией, созданной государством или другое. У лидера имеется бюджет для ведения работ по развитию ПС. Как правило, это бюджетные источники финансирования, однако возможны и внебюджетные (взносы, пожертвования и др.).

На рис. 5 представлена модель в схематичном виде. В прямоугольнике представлен устоявшийся ПС под лидерством некоммерческой организации (под буквой W), которая находится за границами цепочек физического обмена ресурсами.

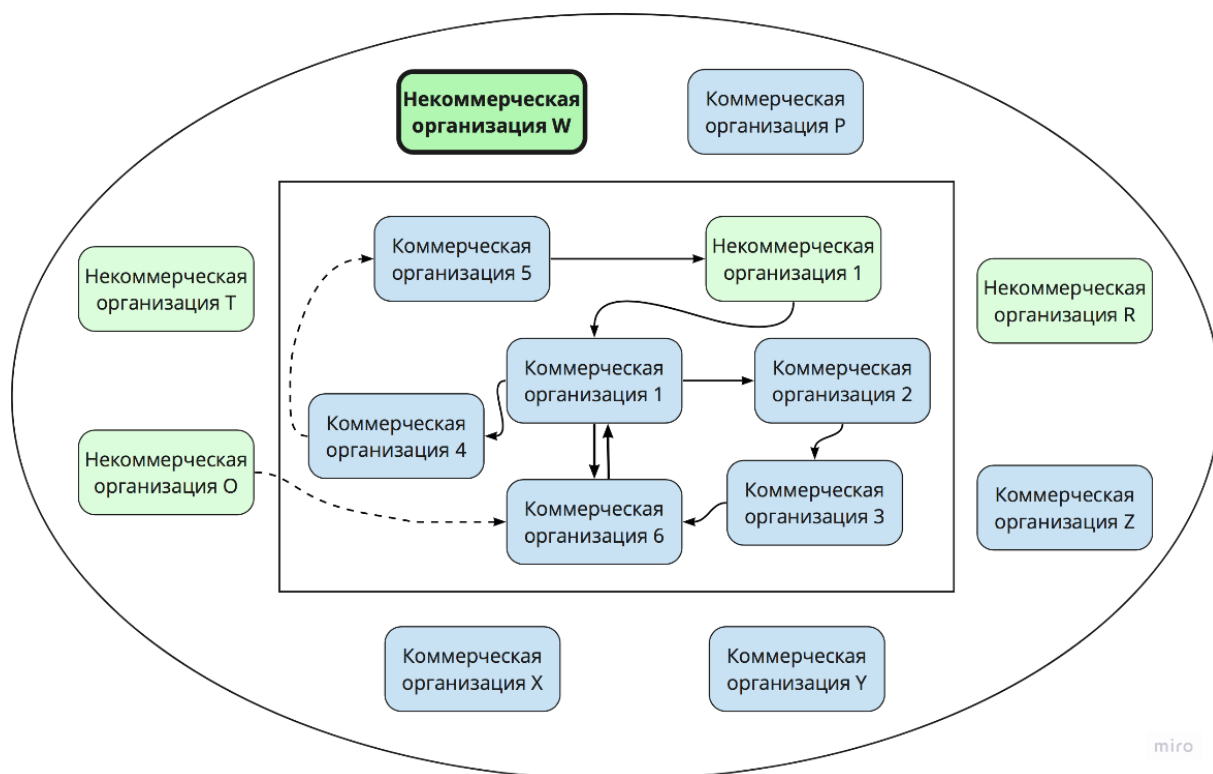


Рис. 5 – Модель формирования ПС под лидерством некоммерческой организации, не участвующей в обмене продуктами вторичной переработки [16]

Составлено автором

Второй этап развития ПС в городе Калуннборг (1996 г. – настоящее время) может являться примером развития симбиоза по указанной выше модели [168]. До 1996 г. симбиотические цепочки в Калуннборге развивались хаотично. То есть, устойчивые обмены продуктами вторичной переработки формировались по инициативе самих предприятий:

- Зола, получаемая от сжигания угля на электростанции, передается цементному заводу.
- Сера после сероочистки на НПЗ направляется на производство серной кислоты и другое.

В тот год появляется центр Kalundborg Symbiosis, организованный компаниями, участвующими в симбиотических цепочках. Стратегическими целями данной организации стали:

1. Укрепление партнерства, в том числе за счет постоянного контакта с

действующими участниками, привлечения университетов к решению бизнес-задач, обмена опытом с представителями других стран, которые также занимаются развитием ПС в своем регионе.

2. Нацеленность на охват всех ресурсов компаний-партнеров: все водные, энергетические и материальные потоки партнеров являются частью анализа центра и симбиоза.

3. Продвижение идеи промышленного симбиоза: накопление знаний, проведение конференций и практических семинаров как на локальном/региональном, так и международном уровнях.

V. Модель формирования ПС под лидерством коммерческой организации, не участвующей в обмене продуктов вторичной переработки

Данная модель также основана на плановом подходе к развитию ПС. В отличие от последней модели, лидером симбиоза является коммерческая организация, которая напрямую не участвует в обменах ресурсами. Как правило, это дополнительная деятельность для коммерческой структуры. Среди причин быть драйвером развития ПС можно выделить стремление найти новые направления бизнеса (диверсификация) и/или создание новых продуктов, найти новых партнеров, развить собственный бренд для улучшения взаимодействия с текущими бизнес-партнерами, клиентами и т.д. Источниками финансирования для выполнения функций лидера ПС может являться маркетинговый бюджет предприятия, целевой грант или субсидия, а также поступления денежных услуг за оказание услуг по управлению симбиозом. На рис. 6 в схематичном виде представлена описываемая модель.

ПС, развиваемый компанией Tyreman Group в Северо-Западном Федеральном Округе, может являться одним из примеров практической реализации модели [69]. Компания – единственная коммерческая организация, участвовавшая в проекте программы «Интеррег. Регион Балтийского Моря» («Балтийский промышленный симбиоз», 2019–2021 гг.). В рамках проекта Tyreman Group проводила исследование для определения возможности

формирования промышленных симбиотических цепочек в России.

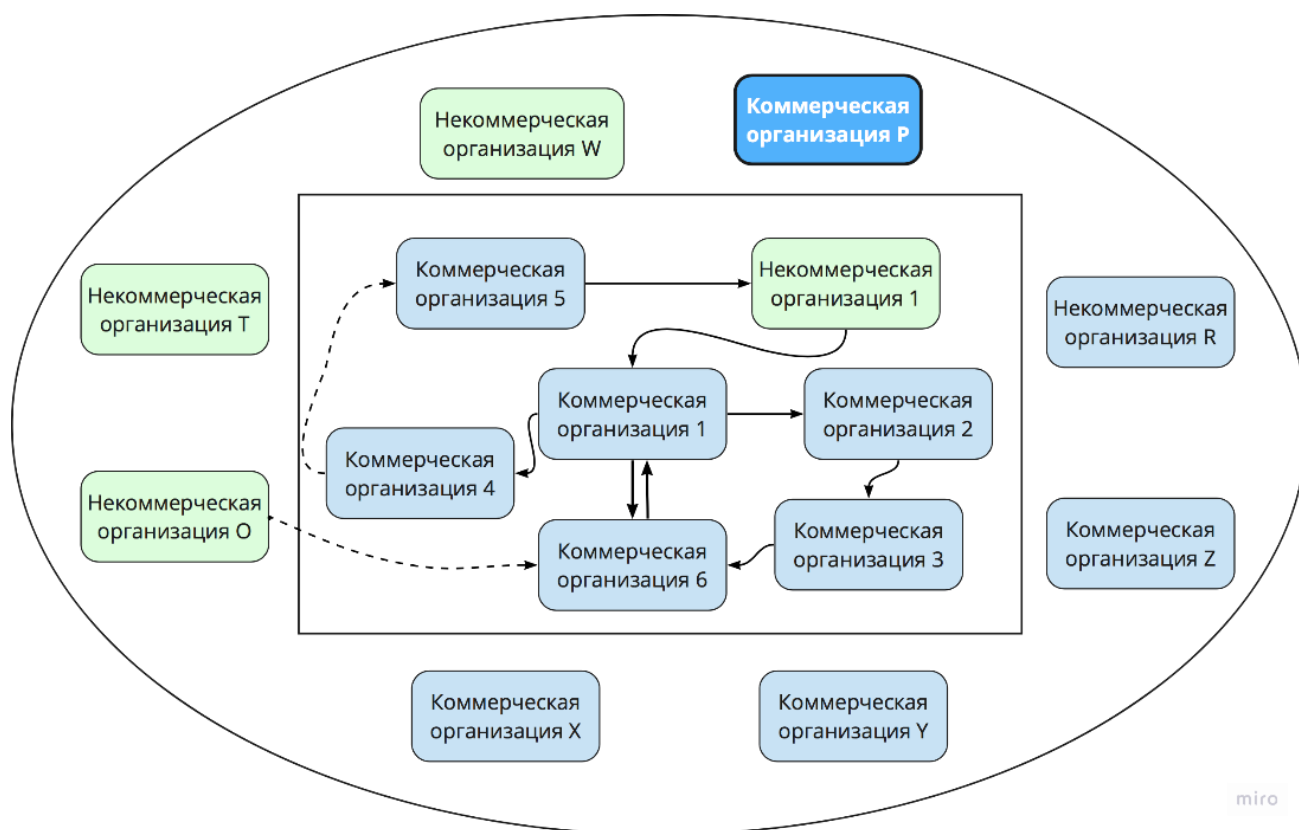


Рис. 6 – Модель формирования ПС под лидерством коммерческой организации, не участвующей в обмене продуктами вторичной переработки [16]

Составлено автором

С помощью опросов, проведения глубинных интервью, привлечения локальных партнеров, участия в целевых мероприятиях, организации «Живой лаборатории» (место для практического тестирования идей промышленного симбиоза) были изучены и выявлены 15 коммерческих компаний, заинтересованные в организации обменов продуктами вторичной переработки. В течение двух лет при участии данных предприятий тестировались более 20 возможных обменов ресурсами, ряд из которых были сформированы, а их реализуемость практически подтверждена. Для Tyumen Group данный проект не был связан напрямую с основной деятельностью (разработка и внедрение технологий сбережения шин), но рассматривался предприятием как возможность получения дополнительных выгод и конкурентных преимуществ в будущем [130].

С учетом полученных данных возможно сравнение действующих моделей формирования промышленного симбиоза (табл. 8), которые оказывают негативное влияние на достижение эффектов от действия ПС (экономические, экологические, социальные, инновационные).

Анализ демонстрирует наличие ограничений на получение эффектов от развития промышленного симбиоза. При хаотичном развитии ПС (модель №1) процесс в целом не формализован, что ограничивает возможности по его управлению и внесению желаемых корректировок (например, расширить количество компаний-участников ПС). При такой модели коммуникация может существенно искажаться (до 20–25%) [45].

При применении модели №2 промышленный симбиоз развивается под лидерством некоммерческой компании, при этом ПС всегда существует в рыночных условиях. В такой ситуации характерна ситуация недостаточно быстрой реакции на изменения рынка для сохранения определенных промышленных симбиотических цепочек в частности или объединения предприятий в целом.

Согласно модели №3 промышленный симбиоз формируется за счет лидирования коммерческой организации. При такой модели существует высокая зависимость устойчивости ПС от компании, которая, в свою очередь, сталкивается с рыночными рисками, в условиях которых задачи по развитию новых симбиотических цепочек и вопросы внедрения новых технологий зачастую уходят на второй план.

Модель №4 примечательна риском недостаточного понимания лидера ПС (некоммерческой организации, не участвующей в обменах) технологических особенностей предприятий-участников в связи со своей слабой вовлеченностью в производственные процессы, что может существенно снижать эффективность усилий от развития симбиотических цепочек (в том числе эффекты на развитие инновационной деятельности).

Таблица 8 – Особенности и ограничения действующих моделей формирования промышленного симбиоза

Модель	Особенности	Ограничения
I. Хаотичная (спонтанная) модель формирования промышленного симбиоза	- Основана на самоорганизующемся подходе к формированию ПС. - Лидер формирования ПС – отсутствует. - Основные мотивы для участия в обменах – экономические: - Дополнительные поступления от продажи продуктов с относительно низкой ценой / экономия на сырье. - Снижение обязательных экологических платежей / штрафов.	- Неструктурированный процесс, сложность управления неформализованным процессом. - Сосредоточенность участников ПС на собственных экономических выгодах (меньше внимания на поиске новых решений в смежных областях, в том числе для близлежащих предприятий). - Знания и навыки по развитию и внедрению новых технологий централизованно не накапливаются и не распространяются (либо это происходит хаотично).
II. Модель формирования ПС под лидерством некоммерческой организации, участвующей в обмене продуктами вторичной переработки	- Основана на плановом подходе к формированию ПС. - Лидер формирования ПС – некоммерческая организация, участвующая в обмене продуктами. - Зачастую развитие ПС не является единственной функцией у подобного предприятия (например, муниципальное предприятие по переработке отходов, предоставлению услуг по водоснабжению и/или водоотведению и другое). - Основные мотивы для участия в обменах: - Снижение объема складированных/неиспользуемых продуктов вторичной переработки в регионе. - Выполнение базовых целей по формированию ПС.	- Планирование развития ПС (в том числе достижение целевых показателей) в регионе сосредоточено в рамках одной организации. - Ограниченность материальных и нематериальных (в том числе знания и навыки по развитию и внедрению новых технологий) ресурсов. - Рост профильных нематериальных активов (знания, навыки по развитию ПС) в большей степени наблюдаются в рамках одного предприятия – лидера ПС. - Зависимость лидера ПС от субсидий / взносов. - Недостаточная гибкость и относительно низкая скорость в принятии решений в рыночных условиях.

Продолжение таблицы 8

Модель	Особенности	Ограничения
IV. Модель формирования ПС под лидерством некоммерческой организации, не участвующей в обмене продуктов вторичной переработки	▪ Основана на плановом подходе к формированию ПС. ▪ Лидер формирования ПС – некоммерческая организация, не участвующая в обмене продуктами. ▪ Развитие ПС является одной из основных функций (целенаправленные действия по изучению ресурсов потенциальных участников, укрепление партнерств, продвижение идеи ПС). ▪ Основные мотивы для участия в обменах: ○ Снижение объема складированных/неиспользуемых продуктов вторичной переработки в регионе. ○ Выполнение целей по формированию ПС.	▪ Планирование развития ПС (в том числе достижение целевых показателей) в регионе сосредоточено в рамках одной организации. ▪ Ограниченность ресурсов (в первую очередь, материальных для тестирования идей ПС). ▪ Рост профильных нематериальных активов (знания, навыки по развитию ПС) в большей степени наблюдается в рамках одного предприятия – лидера ПС. ▪ Зависимость устойчивости ПС от одного лидера, который, в свою очередь, зависит от субсидий / грантов / взносов. ▪ Недостаточное понимание технологических особенностей, с которыми сталкиваются предприятия на практике, из-за относительно слабой вовлеченности в операционные процессы.
V. Модель формирования ПС под лидерством коммерческой организации, не участвующей в обмене продуктов вторичной переработки	▪ Основана на плановом подходе к формированию ПС. ▪ Лидер формирования ПС – коммерческая организация, не участвующая в обмене продуктами. ▪ Развитие ПС является одной из дополнительных функций лидера формирования ПС, но не основной. ▪ Основные мотивы для участия в обменах – экономические: ○ Дополнительные поступления от продажи продуктов с относительно низкой ценой / экономия на сырье. ○ Снижение обязательных экологических платежей / штрафов. ▪ создание новых продуктов для диверсификации источников поступлений.	▪ Планирование развития ПС (в том числе достижение целевых показателей) в регионе сосредоточено в рамках одной организации. ▪ Сосредоточенность лидера ПС на достижении собственных экономических выгод для дальнейшего развития ПС в регионе (в том числе через получение комиссии за посредничество от потенциальных участников ПС или необходимость дополнительного субсидирования данной деятельности). ▪ Рост профильных нематериальных активов (знания, навыки по развитию ПС) в большей степени наблюдается в рамках одного предприятия – лидера ПС. ▪ Зависимость устойчивости ПС от одного лидера. ▪ Высокий риск информационного барьера в связи с неготовностью участников (потенциальных участников) ПС раскрывать конфиденциальные данные о собственном производстве.

Составлено автором

Согласно модели №5 промышленный симбиоз формируется за счет лидерства коммерческой организации, не участвующей в обменах. При такой модели вероятно искусственное ограничение в обмене информации между участниками (потенциальными участниками) симбиозов ввиду нежелания последних делиться данными о производстве, которые, как правило, носят конфиденциальный характер. Это, в свою очередь, оказывает негативное влияние на распространение и внедряемость новых технологий.

На основе исследования зарубежной и российской практик формирования ПС (детальное описание авторского исследования практических примеров ПС приведено в параграфе 2.2) *разработаны пять моделей, описывающие процессы и влияние организации-лидера на развитие симбиотических цепочек.* При плановом подходе развития ПС всегда имеется определенный лидер, наделенный соответствующими полномочиями. Примечательно, что данную функцию может выполнять как некоммерческая (в случае с Эко-городом Кавасаки – это государственная организация, а, например, в г. Калуннборг с началом второго этапа развития ПС – частная), так и коммерческая организации.

Разработанные модели демонстрируют различия в приоритетах к формированию промышленных симбиотических цепочек, подходах к использованию ресурсов и достигаемых эффектах при развитии ПС в зависимости от формы организации-лидера.

Завершая первую главу, укажем, что существует потенциал изучения роли и вклада фасилитаторов и поиск решений и разработок по теме повторного использования продуктов вторичной переработки на инновационную активность предприятий. Промышленный симбиоз являясь новой формой кооперации предприятий, потенциально способен стимулировать развитие инновационной деятельности организаций (снижая затраты и риски ведения НИОКР и внедрения инноваций) с положительным экономическим, социальным и экологическим эффектом. Анализ существующих моделей формирования ПС показал возможность повышения результативности данной деятельности.

ГЛАВА 2. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА В РОССИИ И МИРЕ

2.1. Ограничения и вызовы развития инновационной деятельности в России

Россия обладает значительными возможностями для повышения инновационной активности бизнеса.

На рис. 7 приведена оценка Федеральной службы государственной статистики (Росстат) уровня инновационной активности организаций РФ.



Рис. 7 – Количество организаций в РФ

Составлено автором на основе [77]

В последние годы сократилось количество как всех организаций в РФ, так и тех предприятий, которые составляют базу для оценки инновационной активности (по методике Росстата [2]). Число инновационно активных структур снизилось на 0,5% с 2024 по 2025 гг. Однако наибольшее значение данного показателя за последние восемь лет зафиксировано в 2018 г. (234 тыс.

организаций или 12,8% от общего числа). В дополнение на рис. 8 приведена информация об уровне инновационной активности организаций в разных странах в 2024 г.

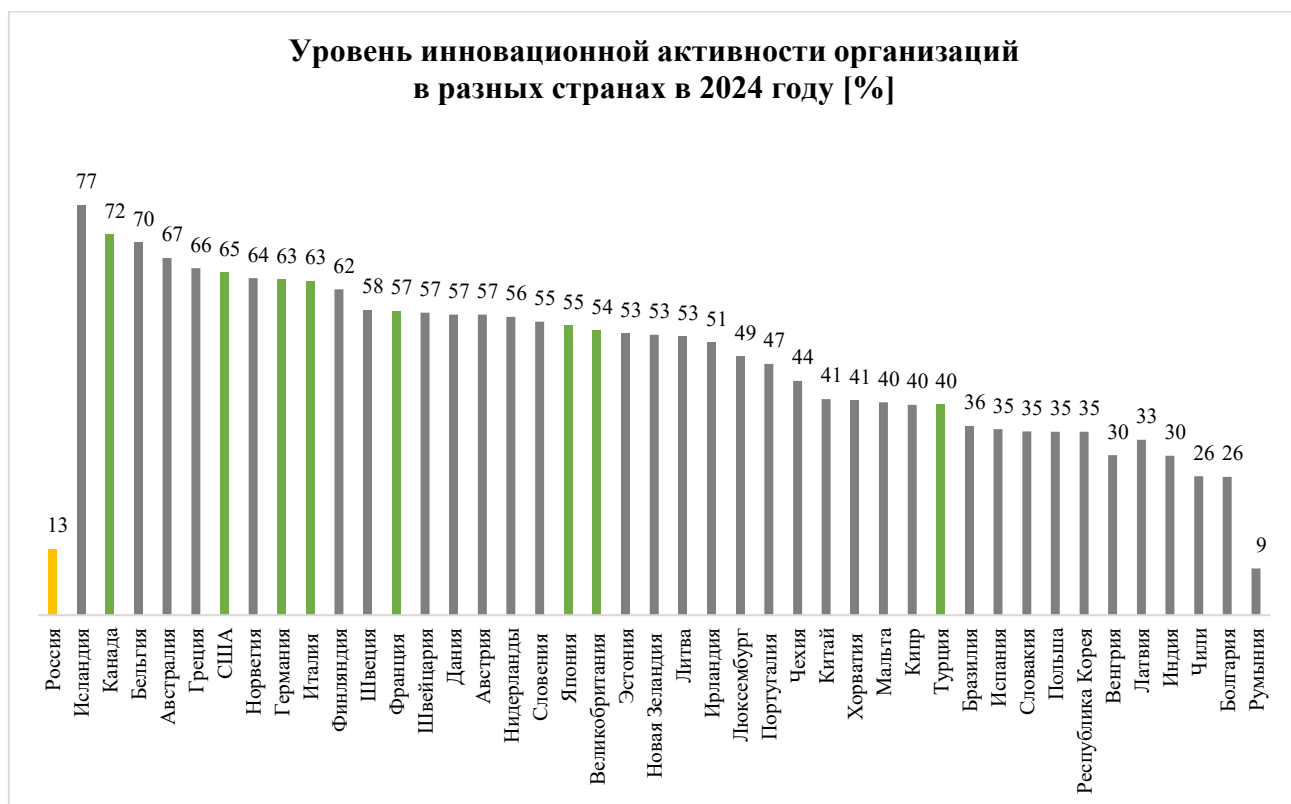


Рис. 8 – Уровень инновационной активности организаций в странах мира в 2024 г.

Составлено автором на основе: [33]

Уровень инновационной активности организаций в РФ значительно ниже в сравнении со странами, сопоставимыми по уровню ВВП. Например, Канада (почти семикратная разница), Германия (шестикратная разница), Австралия (шестикратная разница), США (шестикратная разница), Италия (пятикратная разница), Франция (пятикратная разница), Япония (пятикратная разница), Великобритания (четырёхкратная разница), Турция (трехкратная разница).

Дополнительно наличие существенного потенциала расширения инновационной деятельности предприятий демонстрирует статистика по доле инновационных товаров, работ, услуг от общего объема отгруженных товаров, выполненных работ и услуг в разных странах в 2024 г. (рис. 9).

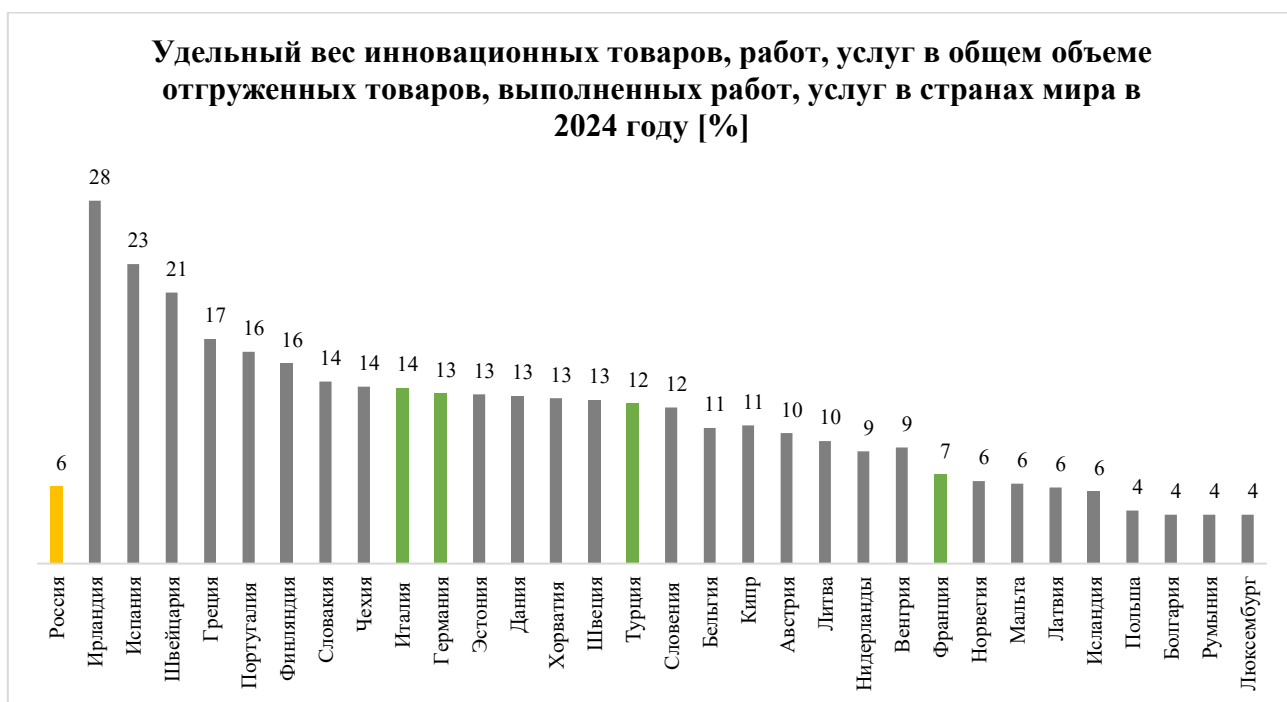


Рис. 9 – Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг в странах мира в 2024 г.

Составлено автором на основе: [33]

Данный показатель в России ниже по сравнению с такими странами, как Турция (двухкратная разница), Германия (двухкратная разница), Италия (двухкратная разница). В сравнении с Францией удельный вес инновационных товаров и услуг в РФ практически на том же уровне (ниже на 1%).

Стоит отметить, что в России наблюдается постепенное увеличение объема инновационных товаров, работ и услуг (рис. 10).

За период 2018–2025 гг. данный показатель вырос с 4,5 трлн руб. до 12,6 трлн руб. Общий рост за период составляет 178,67%, а совокупный среднегодовой темп прироста (CAGR) – 13,67%. Однако уровень инфляции за тот же промежуток времени составил 67,89%, а средняя годовая инфляция – 6,99%, что нивелирует достигнутые результаты.



Рис. 10 – Общий объем инновационных товаров, работ и услуг в РФ за период 2018–2025 гг. [Росстат]

Составлено автором на основе [77]

В таблице 9 приведена структура объема инновационных товаров, работ и услуг в разрезе федеральных округов РФ.

Таблица 9 – Общий объем инновационных товаров, работ и услуг в РФ за период 2018–2025 гг. по федеральным округам (млрд руб.)

Регион	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Всего	4 516,3	4 863,4	5 189,0	6 003,3	6 377,2	8 323,9	9 817,8	12 585,5
ЦФО	1 181,4	1 425,7	1 653,4	1 980,9	2 057,9	2 881,9	3 525,1	4 685,4
ПФО	1 778,7	1 716,5	1 606,4	1 860,8	2 046,2	2 840,0	3 407,4	4 418,0
СЗФО	487,7	591,7	676,3	939,5	856,0	912,8	975,1	1 114,3
УФО	526,8	501,1	500,7	485,1	668,1	873,9	914,5	764,7
СФО	176,1	248,6	382,1	312,2	267,9	321,9	395,3	431,9
ЮФО	207,8	196,6	172,9	210,1	253,7	281,5	338,5	304,7
ДВФО	117,1	139,0	153,0	138,0	141,1	148,7	193,9	804,5
СКФО	40,6	44,2	44,3	76,8	86,4	63,1	67,9	62,0

Составлено автором на основе [77]

В двух федеральных округах производится более половины инновационных продуктов: в Центральном (37% от общего объема) и Приволжском (35% от общего объема). Наибольший рост за период 2018–2025 гг. наблюдается в Дальневосточном и Центральном и федеральных округах: 587% и 296% соответственно.

В ТОП-10 по объему производимых инновационных товаров, работ и услуг субъектах (приложение Б, табл. Б1) сосредоточено 66,7% всех производимых инновационных продуктов в РФ (по данным за 2025 г.). Наибольший рост с 2018 по 2025 гг. наблюдается в таких регионах, как город Москва (729%), Тульская область (365%), Республика Татарстан (319%). При этом разница между субъектами существенная: в сравнении с Республикой Татарстан и Москвой инновационных товаров, работ и услуг производится на 85–93% меньше Московской области, в Санкт-Петербурге – на 185–190%, в Нижегородской области – на 303–322%. Данная статистика демонстрирует высокую концентрацию высокотехнологичных производств в центральных регионах.

Более половины всех инновационных продуктов в РФ с 2018 по 2025 гг. (приложение Б, табл. Б2) приходится на обрабатывающие производства (в зависимости от года в течение наблюдаемого периода их доля составляет 59,3%–66,3%). К ним относятся такие виды деятельности, как производство пищевых и химических продуктов, напитков, табачных и текстильных изделий, одежды, кожи, бумаги, кокса и нефтепродуктов, металлов, электронных изделий, машин и оборудования, транспортных средств, мебели, полиграфия, обработка древесины и так далее. Данная статистика показывает, что промышленные предприятия являются основным драйвером развития инноваций в стране. Вклад организаций, оказывающие различные услуги, в развитии инновационных продуктов существенно ниже. При этом обрабатывающие производства в РФ значительно менее инновационно активны, чем в других странах (рис. 11).

Уровень инновационной активности обрабатывающих производств РФ ниже с сопоставимыми по уровню ВВП странами: Германия (более, чем трехкратная разница), Канада (более, чем трехкратная разница), Австралия (почти трехкратная разница), Великобритания (почти трехкратная разница), Франция (более, чем двухкратная разница), Япония (более, чем двухкратная разница), Турция (почти двухкратная разница).

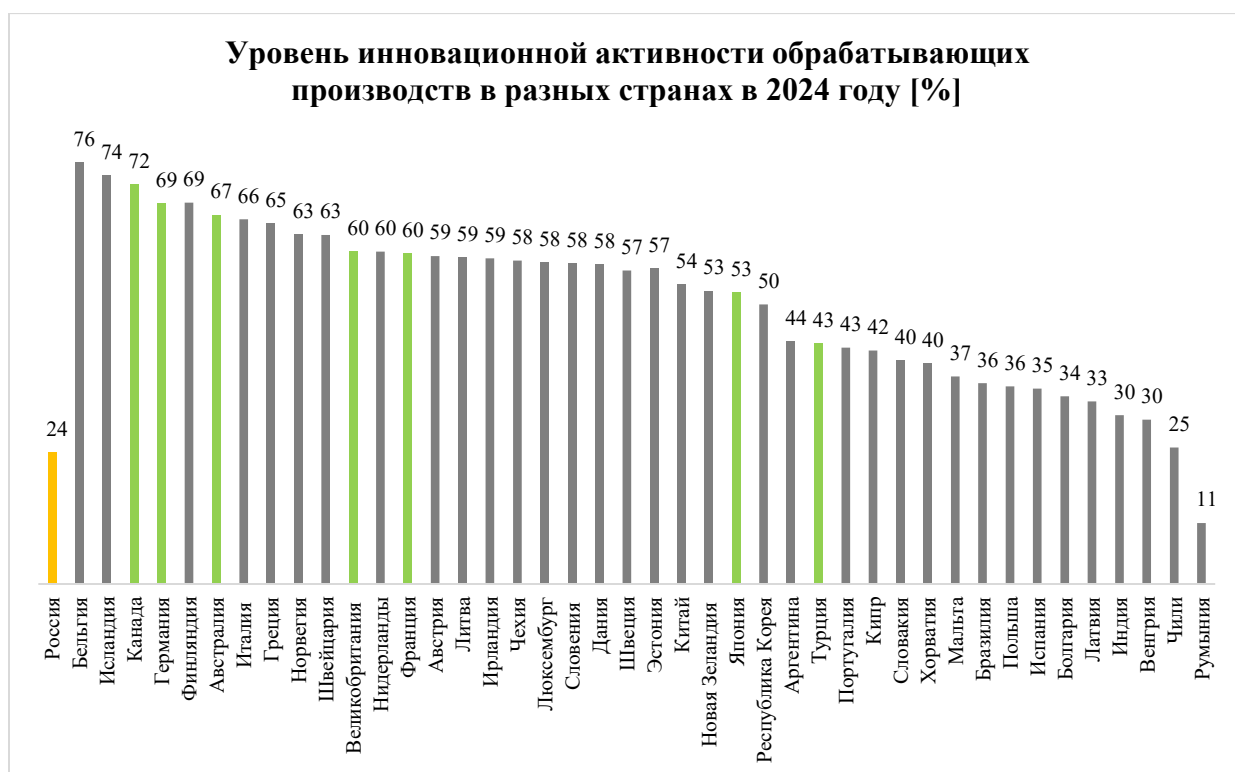


Рис. 11 – Уровень инновационной активности обрабатывающих производств в странах мира в 2024 году

Составлено автором на основе: [33]

Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг обрабатывающих производств в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг (рис. 12) в РФ ниже по сравнению с такими странами, как Италия (практически трехкратная разница), Турция (практически трехкратная разница), Германия (практически трехкратная разница). В сравнении с Францией удельный вес инновационных товаров и услуг обрабатывающих производств РФ практически на том же уровне (ниже на 10%). При этом интенсивность затрат сопоставима (приложение Б, рис. Б1). Отношение затрат на инновационную деятельность к общему объему отгруженных товаров, выполненных работ, услуг в РФ на практически том же уровне, что в Германии, а также выше, чем в Италии, Турции (превышение более, чем в три раза) и Франции (превышение на 30%).



Рис. 12 – Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг
обрабатывающих производств в общем объеме отгруженных товаров,
выполненных работ, услуг в странах мира в 2024 году
Составлено автором на основе: [33]

Основные факторы, ограничивающие развитие инновационной деятельности в РФ, по мнению организаций, приведены на (приложение Б, рис. Б2). Недостаток собственных денежных средств и высокая стоимость нововведений определены обрабатывающими производствами и другими организациями как основные ограничивающие факторы для развития инновационной деятельности. Неразвитость кооперационных связей также является препятствующим фактором, потенциал развития которых в РФ достаточно высокий (рис. 13).

В РФ только 19% инновационных предприятий использовали инструмент кооперации при развитии инновационной деятельности. В ряде сопоставимых по ВВП странах данный показатель существенно выше: в Великобритании более, чем в три раза, во Франции, в Австралии – более, чем на 50%, в Италии – более, чем на 20%.



Рис. 13 – Удельный вес организаций обрабатывающей промышленности, имевших кооперационные связи в сфере инновационной деятельности, в общем числе организаций, осуществлявших инновационную деятельность в 2024 году
Составлено автором на основе: [33]

Обрабатывающие производства РФ, занимающиеся инновационной деятельностью, развивают не только продуктовые и процессные инновации, но и организационные (рис. 14).



Рис. 14 – Обрабатывающие производства, осуществлявшие продуктовые и процессные инновации, в процентах от числа организаций, имевших завершённые в течение последних трех лет инновации в 2024 г. [33]

В основном производственные предприятия РФ сосредоточены на создании новых и развитии существующих продуктов (86,5% инновационных предприятий занимались продуктовыми инновациями). При этом процессные инновации, хоть и на существенно меньшем уровне, развиваются не только для совершенствования существующих методов производства (27,5% организаций), но и организационных подходов: корпоративное управление (14%), практики деловых отношений и внешних связей (11,3%). В то же время, экологическими инновациями занимаются незначительно число организаций (таблица 10).

Таблица 10 – Удельный вес организаций, осуществлявших инновации, направленные на улучшение экологии, в общем числе обследованных организаций, по видам экономической деятельности, 2019, 2021, 2023, 2025 гг.

Регион	2019	2021	2023	2025
Всего (%)	0,6	1,0	1,1	1,2
Обрабатывающие производства	1,7	2,5	2,0	1,8
Добыча полезных ископаемых	0,9	1,3	0,9	1,2
НИОКР	3,3	3,5	2,6	2,7
Разработка ПО, консультирование в данной сфере, др.	0,1	0,3	0,2	0,5
Телекоммуникации	3,1	0,1	3,4	4,1
Транспортировка и хранение	0,6	0,7	1,5	1,5
Сельское хозяйство	0,1	0,7	0,5	1
Архитектура и инженерно-техническое проектирование и другое	0,2	0,5	0,4	0,3
Строительство	0,1	0,4	0,4	0,3
Деятельность в области ИТ	0,1	0,2	0,2	0,5
Водоснабжение, водоотведение и др.	0,7	0,6	0,7	1,3
Обеспечение электроэнергией, газом, паром и др.	0,6	1,0	1,0	1,2
Реклама и исследование конъюнктуры рынка	0,1	0,4	0,2	0,3
Издательская деятельность	0,1	0,8	0,4	0,2
Право и бухгалтерский учет	Нет данных	0,1	1,6	1,7
Деятельность головных офисов; консультирование по вопросам управления	0,1	0,3	0,1	0,3
Профессиональная научная и техническая прочая деятельность	Нет данных	0,3	0,4	1,3

Составлено автором на основе [77].

Всего 1,2% организаций от их общего числа в РФ развивают и внедряют экологические инновации. Доля обрабатывающих производств и

исследовательских организаций немного выше: 1,8% и 2,7% соответственно. Наибольшая доля наблюдается в сфере телекоммуникаций (4,1% от всех организаций данной отрасли занимались инновационной деятельностью, связанной с экологией, в 2025 г.). В том числе из-за этого экологические выгоды, получаемые российскими организациями от инновационной деятельности, существенно ниже, чем в сопоставимых странах (таблица 11).

Таблица 11 – Удельный вес организаций обрабатывающей промышленности, осуществлявших экологически инновации, в общем числе организаций, имевших завершённые в течение последних трех лет инновации, по типам экологических выгод, 2023 г.

Страна	Экологические выгоды, полученные организациями от ведения инновационной деятельности (обрабатывающая промышленность)				
	Снижение уровня шума, загрязнения почвы, воды или воздуха	Сокращение материальных затрат на единицу производства	Снижение энергопотребления / углеродного следа (выбросов CO ₂)	Замена сырья и материалов на безопасные или менее опасные	Переработка отходов производства, воды, материалов для собственного использования или продажи
Россия	9,7	7,7	7,9	6,0	6,2
Болгария	7,1	7,6	8,4	7,4	7,8
Австрия	12,2	15,2	29,1	16,0	16,4
Венгрия	7,9	6,5	10,8	8,3	8,3
Германия	12,2	7,7	17,5	5,0	10,0
Дания	5,5	9,1	12,4	7,1	10,1
Италия	18,4	15,2	19,4	19,6	16,4
Польша	7,8	8,1	9,3	7,9	9,1
Португалия	19,1	16,0	19,4	17,7	27,6
Румыния	16,9	18,1	20,3	14,3	30,0
Словакия	16,1	15,4	17,3	11,7	20,3
Словения	23,0	24,6	26,3	21,3	21,7
Финляндия	5,7	7,8	13,6	6,9	6,9
Франция	9,9	11,2	14,5	10,6	19,1
Хорватия	12,9	11,7	10,8	11,6	12,1
Чехия	12,2	12,0	19,7	7,9	10,8
Швеция	3,7	5,0	11,1	6,0	6,7

Составлено автором на основе: [33]

Эффекты от снижения энергопотребления и выбросов CO₂ и переработки продуктов вторичной переработки были получены всего 7,9% и 6,2% российскими производственными организациями в РФ. Эти показатели меньше,

чем во всех рассматриваемых странах, в том числе в Германии, Италии, Франции, Швеции и др. Наибольшее значение по российским обрабатывающим производствам зафиксировано по снижению уровня шума, загрязнения почвы, воды или воздуха: 9,7% инновационных предприятий. Тем не менее, этот показатель ниже, чем в Германии, Италии и Франции.

Дополнительно проанализируем стратегические документы крупных российских производственных компаний на тему экологических инноваций (приложение Б, табл. Б2). Обзор показывает, что крупные производственные предприятия в рамках своей деятельности занимаются вопросами снижения различных видов выбросов и отходов, повышения энергоэффективности производств, разработкой и внедрением новых продуктов (как в целях снижения собственных затрат энергии и материалов при производстве, так и для сбыта предприятиям, производящим «зеленую» продукцию). В то же время организации не всегда охватывают все возможные направления экологических инноваций, сосредотачиваясь на определенных проектах на выборочных производственных объектах. Также ПС и его принципы (отходы одного предприятия – ресурсы для другого) не упомянуты ни в одном из рассмотренных документов.

В таблице 12 приведены основные ограничения развития инновационной деятельности в РФ согласно стратегическим документам России и ключевым исследованиям в данной области.

Обзор показывает, что в РФ имеется существенный потенциал для развития инновационной деятельности (в том числе процессных и организационных инноваций), распространения экологических инноваций, а также расширения кооперационной деятельности в области инновационной деятельности, в том числе для снижения ограничений и рисков в целях увеличения количества инноваций и их внедряемости.

Таблица 12 – Текущие ограничения развития инновационной деятельности в РФ

Документ	Ограничения развития инновационной деятельности в РФ
Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации [5]	▪ имеющийся потенциал исследований и разработок в значительной степени соответствуют направлениям, актуальным для последних десятилетий прошлого века ▪ значительная дифференциация научных и образовательных организаций по результативности и эффективности работы, концентрация исследовательского потенциала лишь в нескольких регионах страны ▪ практически отсутствует передача знаний и технологий между оборонным и гражданским секторами экономики, что сдерживает развитие и использование технологий двойного назначения ▪ эффективность российских исследовательских организаций существенно ниже, чем в странах-лидерах ▪ слабое взаимодействие сектора исследований и разработок с реальным сектором экономики ▪ несогласованность приоритетов и инструментов поддержки научно-технологического развития Российской Федерации на национальном, региональном, отраслевом и корпоративном уровнях
Концепция технологического развития РФ до 2030 года [1]	Низкие темпы инновационно ориентированного экономического роста, что обусловлено: ▪ низкой мотивацией разработчиков технологических решений к созданию соответствующих производств в силу слабой защищенности технологических предпринимателей, недостатка финансовых ресурсов и относительно небольшой емкости внутреннего рынка высокотехнологичной продукции, ▪ низкой мотивацией компаний и корпораций к исследованиям и технологическим инновациям
Индикаторы инновационной деятельности: 2026: статистический сборник [33]	▪ недостаток собственных денежных средств ▪ высокая стоимость нововведений ▪ недостаток государственной финансовой поддержки ▪ несоответствие приоритетам организации ▪ высокая конкуренция на рынке ▪ неопределенный рыночный спрос ▪ недостаток квалифицированного персонала ▪ недостаток кредитов/прямых инвестиций ▪ неразвитость кооперационных связей

Составлено автором

2.2. Особенности реализации промышленного симбиоза: российский и зарубежный опыт

Сегодня концепция ПС активно реализуется на практике в различных странах мира³. В открытых источниках можно найти информацию о более чем 30 примерах. В таблице 13 представлены примеры некоторых ПС, которые функционируют в Европе, Америке и Азии.

Таблица 13 – Практические примеры реализации промышленного симбиоза [16]

Европа	Америка	Азия
Великобритания: ПС в регионе Хамбер; ПС в регионе Уэст-Мидлендс Швеция: Эко-промышленный парк Händelö; ПС в Стенунгсунде; ПС в Линчепинге; ПС в Хельсингборге Финляндия: Промышленный эко-центр Harjavalta; Sodankylä Дания: Kalundborg Бельгия: Промышленный парк Kaiserbaracke Нидерланды: Rotterdam Harbor INES Германия: Промышленный парк Knapsack Франция: Промышленный парк Deux Synthe	США: Продовольственный центр Intervale, Кейстоунский Промышленный портальный комплекс Пуэрто-Рико: Guayama Industrial Бразилия: Norte Fluminense, Эко-промышленный парк Natura Мексика: Альтамира-Тампико	Южная Корея: Эко-промышленный парк Ulsan Австралия: Промышленная зона Kwinana Китай: Национальный эко-промышленный демонстрационный парк Lubei; Промышленный парк Suzhou Индия: Промышленная зона Nanjangud; Промышленный парк Vatva Япония: Эко-город Kawasaki

Составлено автором на основании [136; 138]

Для детального изучения практик построения и функционирования ПС рассмотрим международный и российских опыт исследований промышленных симбиотических цепочек (таблица 14).

³ Данный параграф подготовлен с использованием результатов, опубликованных в авторской статье: Белых А.Л. Промышленный симбиоз в системе межфирменной кооперации: лучшие практики// Инновации. - 2020. - № 5 (259). - С. 60-67.

Таблица 14 – Подходы к изучению практических примеров промышленного симбиоза

Авторы	Описание подхода к изучению практических примеров ПС
Petríková K., Borseková K., Blam I. [147]	Изучение практических примеров ПС по параметрам: ▪ Страна / город / регион. ▪ Год начала формирования кооперационных цепочек. ▪ Модель формирования кооперационных цепочек. ▪ Количество участников ПС. ▪ Сферы деятельности участников ПС. ▪ Способы использования отходов/продуктов в цепочке. ▪ Эффекты (экологические, экономические, социальные).
Baas L. [97]	Исследование двух симбиотических цепочек в Голландии и Швеции с точки зрения типа модели, использованной при формировании ПС: ▪ Самоорганизующаяся модель (пример Швеции). ▪ Запланированная модель (пример Голландии). Примечательно, что результативность построения партнерских связей в шведском регионе Эстергётланд оказалась выше, а созданные связи крепче, нежели в Роттердаме несмотря на то, что в первом случае было затрачено больше времени на планирование и построение партнерства.
Neves A. [142]	Изучение практических примеров ПС в Португалии по параметрам: ▪ Регион / город. ▪ Год начала формирования кооперационных цепочек. ▪ Количество участников ПС. ▪ Сферы деятельности участников ПС. ▪ Способы использования отходов/продуктов в цепочке. ▪ Совместное использование объектов инфраструктуры, коммунальных услуг и другое.

Продолжение таблицы 14

Авторы	Описание подхода к изучению практических примеров ПС
Dong L. [113]	Изучение практических примеров ПС в Японии и Китае по параметрам: ▪ Страна / регион / город. ▪ Год начала формирования кооперационных цепочек. ▪ Количество участников ПС. ▪ Сферы деятельности участников ПС. ▪ Способы использования отходов/продуктов в цепочке. ▪ Совместное использование объектов инфраструктуры, коммунальных услуг и другое. Эффекты (экологические, экономические, социальные).
Herczeg G., Akkerman R., Hauschild M.Z. [125]	Изучение практических примеров ПС по параметрам: ▪ Страна / город / регион. ▪ Количество участников ПС. ▪ Типы обменов в ПС (продукты вторичной переработки, совместное использование коммунальных услуг, услуги). ▪ Типы моделей при формировании ПС (спонтанная/самоорганизующаяся, запланированная). ▪ Организация, содействующая развитию ПС (например, муниципалитет, специализированная управляющая компания и др.).
Миронова Д. Ю., Тимахович И. В., Помазкова Е. Е., Жаркова Ю. В. [44]	Изучение практических примеров ПС по параметрам: ▪ Страна / город / регион. ▪ Количество участников ПС. ▪ Виды взаимодействий в рамках ПС с точки зрения местоположения участников ПС. ▪ Схемы обменов в ПС.

Приведенные подходы изучения практической реализации ПС в различных странах заключаются в рассмотрении примеров промышленных симбиотических цепочек с точки зрения географии, основной деятельности предприятий-участников ПС (например, Европа, Азия, Америка), периода формирования симбиозов, типов обменов в ПС, моделей развития кооперации и так далее. При этом в приведенных подходах не рассматриваются вопросы влияния промышленных симбиотических цепочек на развитие и активизацию инновационной деятельности предприятий. Предлагаемый алгоритм первичного детального анализа действующих практических примеров ПС:

1. Страна, город, регион.
2. Год начала формирования кооперационных цепочек, основные причины образования первых обменов.
3. Описание действующих участников объединения.
4. Описание действующих обменов между участниками ПС.
5. Эффекты от реализации ПС (экономические, социальные, экологические, инновационные).

Для изучения российской и зарубежной практики ПС были выбраны в качестве примеров ряд симбиозов с наиболее развёрнутой цепочкой участников. Все эти примеры обладают одним базовым качеством: участники симбиоза последовательно используют отходы предыдущего цикла в рамках цепочки создания ценности (стоимости) для производства конечной продукции.

При сборе и анализе первичных и вторичных данных использовались кабинетное исследование и глубинные интервью с экспертами по темам промышленного симбиоза и развития инноваций из Дании, Норвегии, Швеции, Финляндии, Польши и РФ.

В рамках исследования была собрана информация о функционировании шести промышленных симбиозов, среди которых: центр Kalundborg Symbiosis (Дания), агропромышленный кооператив в Детва (Словакия), эко-город Kawasaki (Япония), промышленный симбиоз в Стенунгсунде (Швеция) и

Юнчэне (Китай), симбиотическая сеть в Новосибирске (РФ).

Фактографические данные о деятельности отобранных для анализа симбиозов были структурированы по десяти определенным автором критериям, что позволило провести сравнение промышленных симбиозов как с точки зрения отраслевой принадлежности участников процесса, так и с позиции достигаемых эффектов (в том числе инновационных).

Результаты были обобщены и представлены в виде аналитической многофакторной таблицы, а также двухфакторной матрицы.

I. Центр Kalundborg Symbiosis

Классическим примером промышленного симбиоза называют центр Kalundborg Symbiosis, расположенный в Дании, в г. Калуннборг [100].

История центра началась в 1959 г. с запуска тепловой электростанции Orsted (ранее Asnaes). Формирование симбиоза не было целью руководства электростанции. Первоначально менеджмент предприятия, среди прочего, столкнулся с низкой эффективностью производства – до 60% получаемого тепла не использовалось по назначению, а выбрасывалось в атмосферу. По данным проведенных автором настоящего исследования глубинных интервью с профильными экспертами из Дании (Dansk Symbiose Center), при поиске механизмов повышения операционной эффективности использовался, в том числе, метод мозгового штурма при участии локальных специалистов других сфер деятельности и предприятий.

Проведенный в то время анализ ситуации показал, что соседствующий с электростанцией нефтеперерабатывающий завод (НПЗ) компании Kalundborg Refinery (ранее Statoil / Equinor) в Калуннборге выбрасывал большие объемы горючих газов. Была выдвинута гипотеза, что при объединении усилий двух предприятий по организации их очистки появится возможность достижения позитивных экологических и экономических эффектов за счет использования избыточного тепла в производственном процессе. В результате в рамках сотрудничества электростанции и НПЗ в 1992 г. была открыта установка по

очистке газов от серы, после чего стала возможной передача части избыточного тепла от Kalundborg Refinery в сторону Ørsted. Данное взаимодействие позволило электростанции снизить объем потребляемого угля для генерации электроэнергии.

Параллельно в 1970-х гг. компания Gyproc построила завод по производству гипсовых плит и газопровод, по которому проводилась поставка горючего по относительно низкой цене с НПЗ Kalundborg Refinery. В дополнение была организована поставка производителю строительных материалов гипса, получаемого после известковой очистки отходящих газов электростанции Ørsted, который используется на заводе, обеспечивая более 60% потребности в сырье для производства гипсовых изделий.

Сегодня экосистема центра объединяет восемнадцать партнеров [129]:

1. Электростанция Ørsted (ранее Asnaes) мощностью 1500 МВт (крупнейшая в Дании, работающая на угле).

2. Крупнейший в Дании НПЗ Kalundborg Refinery (с 2022 г. – часть Klesch Group) мощностью 5,5 млн т в год.

3. Завод гипсовых плит компании Saint-Gobain Gyproc, производящий 14 млн м² продукции ежегодно.

4. Фармацевтический завод международной биотехнологической компании Novo Nordisk с ежегодным оборотом более 2 млрд долларов США.

5. Novozymes (часть Novonesis) – крупнейший в мире производитель ферментов для промышленности. На площадке компании в Калуннборге работает 600 человек.

6. Kalundborg Utility является поставщиком чистой воды. Услугами компании пользуются предприятия и население г. Калуннборг. В рамках своей деятельности Kalundborg Utility использует одну из самых больших и передовых станций очистки воды в Северной Европе, где применяется озон для удаления трудно разлагаемых органических соединений.

7. ARGO (ранее Kara/Noveren) – компания, занимающаяся переработкой отходов предприятий, расположенных в центре Kalundborg Symbiosis. На территории города предприятие сортирует и измельчает отходы для их повторного использования, а остатки использует в качестве топлива для получения электроэнергии и тепла.

8. ABB, являясь транснациональной корпорацией, специализирующейся на производстве электротехники и энергетического машиностроения в целом, оказывает поддержку локальным предприятиям, предоставляя специализированные услуги и экспертизу, тем самым стимулируя и укрепляя симбиотическое партнерство. Используя собственные инженерные и цифровые знания, компания помогает отраслям работать с высокой производительностью, становясь более эффективными, производительными и устойчивыми.

9. APM Terminals – часть A.P. Moller-Maersk, крупной контейнерной логистической компании, которая объединяет и упрощает цепочки поставок для своих клиентов по всему миру. Предприятие управляет логистическим терминалом в г. Калуннборг. APM Terminals, являясь участником центра, планирует развитие термина на принципах ПС.

10. AVISTA Green — единственный в Скандинавии завод по переработке отработанного технического масла, поступающего в основном из мастерских, промышленных предприятий и других мест переработки г. Калуннборг. На предприятии отработанное масло повторно перерабатывается в субпродукт, который в дальнейшем используется при производстве нового смазочного масла.

11. Boehringer Ingelheim — это международная фармацевтическая компания. С 1991 года компания развивает производственный объект в г. Калуннборг, где производятся кормовые добавки, включая кальциевую добавку Bovikalc для молочных коров.

12. Intertek – крупная международная компания в области выполнения испытаний и сертификаций. Филиал организации действует в Калуннборге с 1974 года. Intertek взаимодействует с компаниями-участниками симбиоза,

поддерживая их в рамках имеющихся компетенций. В дополнение организация оказывает поддержку двум локальным социальным предпринимателям в рамках рамочного соглашения о симбиозе Калуннборга (Kalundborg Symbiosis Framework Agreement).

13. На предприятии Kalundborg Bioenergy (Bigadan) остаточная биомасса от Novonesis (NovoGro®) и Novo Nordisk (дрожжевой крем) перерабатывается на биогазовой установке. На выходе производится биогаз, который впоследствии доводится до качества природного газа путем очистки от диоксида углерода (CO₂) и сероводорода. Биометан передается местным компаниям (Gyproc и Kalundborg Refinery) и частными потребителям по газовому трубопроводу. Сера из фракций сероводорода собирается и используется в качестве субкомпонента в продуктах удобрений, производимых из биогазифицированной остаточной биомассы.

14. Meliora Bio — завод по производству биоэтанола второго поколения — топливо из сельскохозяйственных и лесных отходов. Дополнительно завод заключил соглашение с канадской компанией Comet Bio, которая построила собственное промышленное здание поблизости, где остаточный поток гемицеллюлозы с завода очищается и концентрируется в волокнистый материал. Он используется для производства пребиотиков.

15. Schultz Shipping Group – крупная судоходная компания, являющаяся партнером порта Калуннборг с 1926 г. В 2010 г. организация открыла новый логистический центр в Нью-Вестхавне (Калуннборг). Этот центр отражает приверженность Schultz Shipping Group экологически чистым и устойчивым методам ведения бизнеса и стремится создать терминал без выбросов углерода.

16. Unibio — инновационный разработчик технологии производства белка. Компания из метана любого источника производит высококонцентрированное белковое сырье, используемое в качестве ингредиентов в кормах. Также ведутся исследования для применения производимого продукта в качестве сырья для

продуктов питания. Исследовательское предприятие в Калуннборге использует биогаз, поставляемый Kalundborg Bioenergy.

17. Муниципалитет города Калуннборг с населением в 20 тыс. человек, которые (как и предприятия города) нуждаются в тепле и горячей воде.

18. Kalundborg Symbiosis – управляющая компания объединения партнеров, занимающаяся развитием партнерств на принципах ПС в регионе, а также взаимодействующая с предприятиями и организациями за пределами муниципалитета в частности и Дании в целом.

В таблице 15 приведены эффекты от развития ПС в Калуннборге.

Таблица 15 – Эффекты от развития промышленного симбиоза в г. Калуннборг

Экологические эффекты
▪ Предотвращено отходов: ○ Углекислого газа (CO₂) – 64,5 тыс. т. ○ Двуокиси серы (SO₂) – 53 т. ○ Оксида азота (NO_x) – 89 т. ▪ Ежегодная экономия ресурсов: ○ Грунтовые воды – 2,9 млн м³. ○ Поверхностные воды – 1 млн м³. ○ Гипс – 170 тыс. т. ○ Сера – 20 тыс. т. ○ Биомасса – 319 тыс. м³. ▪ Постоянное появление новых экологических цепочек обмена ресурсами, например: ○ Шлам с фармацевтического завода и ил после очистки воды прудов, предназначенных для разведения рыбы, в качестве удобрения на растениеводческих фермах. ○ Использование цементным заводом золы, получаемой от сжигания угля электростанцией, для своих нужд. ○ Сера после сероочистки на НПЗ для производства серной кислоты ○ Избыточные дрожжи от производства инсулина как корм для свиней. ○ 700 тыс. м³ воды, используемая для охлаждения агрегатов НПЗ, для повторного использования электростанцией.
Социальные эффекты
▪ Развитие инфраструктуры (в частности, развитие местного порта). ▪ Новые рабочие места за счет развития локальных производств, появления новых бизнесов (например, Unibio), прихода в регион международных компаний (например, АВВ).
Экономические эффекты
▪ Новые предприятия, созданные для участия в ПС – 9 компаний. ▪ Экономический результат деятельности ПС ежегодно до 15 млн долл. США (с учетом инвестиций – более 78 млн долл. США). ▪ Общий эффект деятельности симбиоза к настоящему времени оценивается в 350 млн долл. США.

Инновационные эффекты
■ Активизация инновационной деятельности 18 компаний-участников симбиоза для формирования новых цепочек обмена ресурсами, например, развитие и применение технологий: ○ Очистки газов. ○ Использования шлама и ила в качестве удобрения. ○ Использования золы при производстве цемента и гипсовых плит. ○ Использования сера после сероочистки на НПЗ для производства серной кислоты. ○ Использования дрожжей от производства инсулина для корма свиней. ○ Повторного использования избыточной воды в различных процессах и другое.

Составлено автором на основании [115]

II. Промышленный симбиоз в Стенунгсунде

Формирование промышленных симбиотических цепочек в городе Стенунгсунд (Швеция) началось в 1960-х годах с начала открытия первых предприятий химической промышленности [150]. Сегодня Стенунгсунд – крупнейший химический кластер Швеции [119]. Здесь существует множество постоянных синергий между участниками, включая обмен ресурсами и знаниями, а также общим доступом к инфраструктуре [144]. Центром для развития промышленного симбиоза в регионе является компания Borealis AB, единственный производитель полиэтилена в стране. Предприятие поставляет другим этилен и избыточный газ, которые они используют для производства пара [127]. Два предприятия в химическом кластере отправляют свое избыточное тепло в местную сеть централизованного теплоснабжения. Borealis и Perstorp Охо АВ совместно инвестировали в порт, куда можно ввозить химикаты и нефтепродукты, с трубопроводами, соединенными для логистической синергии с другими операциями. Помимо Borealis и Perstorp, ключевыми игроками в промышленной системе являются AGA Gas AB, Akzo Nobel Sverige AB и INEOS Sverige AB. Общая потребность предприятий в тепле составляет 752,8 МВт.

Действующие участники ПС:

1. Borealis AB – ведущий мировой поставщик инновационных решений в области полиолефинов и удобрений. В Стенунгсунде компания владеет четырьмя химическими заводами, крекинг-заводом и тремя предприятиями по производству полиэтилена.

2. Perstorp – мировая компания, производящая химические продукты, в том числе базовые и специальные полиолы, формиаты, органические кислоты и продукты формальдегида, полимеры (полиуретан, поливинилхлорид, полиэфир). В Стенунгсунде компания производит специальные химикаты, которые могут быть использованы в производстве красок, а также метиловый эфир рапсового масла (RME), используемый в качестве топлива для транспортных средств.

3. INOVYN (INEOS) Sverige AB – одна из крупнейших химических компаний Европы, в которой работает 4 300 сотрудников. Организация владеет 17 производственными участками, а ее годовой оборот составляет в среднем 3,5 млрд евро в год. В Стенунгсунде компания производит поливинилхлорид, щелочь и гидрохлоридную кислоту.

4. Nouryon – крупный мировой производитель лакокрасочных покрытий. В Стенунгсунде организация производит амины и поверхностно-активные вещества.

5. Aga Gas [120] – предприятие, производящее кислород, углекислый газ, аргон и газообразный азот. Получаемые продукты используются в пищевой промышленности и металлообработке.

6. Vattenfall — европейская энергетическая компания, в которой работает около 21 000 человек. Компания поставляет электроэнергию промышленным предприятиям и частным потребителям.

7. Adesso BioProducts – часть Adesso Group, международной химической компании. Adesso BioProducts специализируется на производстве биотоплива для дизельных транспортных средств. Компания реализует проекты по развитию технологий возобновляемых видов топлива и возобновляемой химии совместно с университетами и научно-исследовательскими институтами Швеции и Норвегии.

8. Муниципалитет г. Стенунгсунд с населением 10 тыс. чел., использующий избыточное тепло предприятий для нужд населения.

Несмотря на то, что многие компании в этом районе имеют схожие потребности в энергии и тепле, и в этом районе есть некоторые обмены паром и избыточным теплом, но потенциал для расширения энергетической синергии значителен. В частности, существует потенциал для общей когенерационной установки, которая могла бы снабжать кластер технологической энергией.

В таблице 16 приведены эффекты от развития ПС в Стенунгсунде.

Таблица 16 – Эффекты от развития промышленного симбиоза в г. Стенунгсунд

Экологические эффекты
▪ Общая экономия тепла около 250 ГВт/ч, в том числе: ○ Газ – 56,5 МВт. ○ Тепло – 50,6 МВт. ▪ Объем тепла для местного теплоснабжения: ○ Не менее 10 МВт. ▪ Ежегодно предотвращается отходов: ○ Углекислого газа (CO₂) – 1,6 тыс. т. ▪ Постоянное появление новых экологических цепочек обмена ресурсами, например: ○ обмен избыточным теплом (постепенное увеличение общего объема обмена теплом за счет новых участников или внедрения новых технологий). ○ обмен вторичными продуктами переработки (этилен, газ и др.).
Социальные эффекты
▪ Совместное развитие региональной инфраструктуры (в частности, развитие местного порта и сети трубопроводов). ▪ Новые предприятия, созданные для участия в ПС – 1 новая организация в регионе. ▪ Развитие партнерства с Университетами. ▪ Снижение общих затрат на теплоснабжение муниципалитета (использование избыточного тепла локальных предприятий в объеме не менее 10 МВт).
Экономические эффекты
▪ Общий эффект деятельности симбиоза к настоящему времени оценивается в 150 млн долл. США. ▪ Экономический результат деятельности ПС ежегодно до 9 млн долл. США.
Инновационные эффекты
▪ Активизация инновационной деятельности компаний-участников симбиоза для формирования новых цепочек обмена ресурсами, например, развитие и применение технологий: ○ Развитие новых направлений для существующих коопераций (разработка и внедрение совместной когенерационной установки силами нескольких локальных предприятий). ○ Развитие партнерства (расширение отраслевого взаимодействия, сотрудничество не только между предприятиями химической и энергетической промышленности).

Составлено автором на основании [121; 122; 123; 139; 146].

III. Эко-город Кавасаки

Промышленная симбиотическая сеть, расположенная в городе Кавасаки (Япония), была сформирована в рамках национальной программы EcoTown Program, начатая в 1997 г. Министерством окружающей среды и Министерством экономики, торговли и промышленности Японии [167]. Согласно данной инициативе на территории страны развивается 26 проектов эко-городов, в число которых входит Кавасаки [114].

Промышленные предприятия города, являвшегося одним из драйверов экономического роста Японии в 1960–70-х гг., стали причиной серьезных экологических проблем, для решения которых был запущен национальный проект на базе индустриальной зоны Keihin Industrial Zone [112].

На реализацию проекта в Кавасаки государством было выделено 25 млрд иен, которые были направлены на создание пяти предприятий, занимающихся переработкой пластиковых отходов, макулатуры, полиэтилентерефталата (ПЭТ), производством пластмасс для изготовления сырья для аммиака и изготовлением опалубочных досок из пластика. Среди других объектов, которые не были субсидированы японским правительством, но действующие на территории эко-города, входят предприятие, перерабатывающее бытовую технику для производства металлолома, и цементный завод для повторного использования доменного шлака сталелитейной компании [148].

Сегодня экосистема города также объединяет несколько крупных партнеров [150]:

1. JFE Holdings – японская сталелитейная корпорация. На территории Кавасаки действуют сталелитейный завод JFE Steelworks, а также предприятия по переработке люминесцентных ламп, бытовой техники и пластика, объединенные под брендом JFE Environment.

2. NAS Stainless Steel Mill – предприятие по производству нержавеющей стали.

3. Corelex San-Ei Co. Ltd. – предприятие крупной целлюлозно-бумажной компании Corelex, использующее бумажные отходы для производства туалетной бумаги.

4. PET Refine Technology Ltd. – государственное предприятие, занимающееся переработкой полиэтилентерефталата в Кавасаки для повторного использования.

5. Showa Denko – одна из ведущих химических компаний в Японии. В Кавасаки действует предприятие, которое производит аммиак из пластиковых отходов.

6. DC Cement – завод по производству цемента.

7. Муниципалитет города Кавасаки, который занимается коллективным сбором пластикового и бумажного мусора.

В таблице 17 приведены эффекты от развития ПС в Кавасаки.

IV. Агропромышленный кооператив в Детва

Одним из примеров реализации промышленного симбиоза в Восточной Европе является город Детва, Словакия [147]. Формирование кооперационных цепочек в регионе началось в 1998 г. с начала деятельности компании Agrorev. Изначально организация занималась производством сельскохозяйственной продукции и разведением коров для производства молока. С развитием бизнеса компания начала постепенно приобретать близлежащие сельскохозяйственные предприятия. Со временем организация стала активно заниматься растениеводством (рапс, пшеница, ячмень, овес, кукуруза), скотоводством и овцеводством. Ключевые участники промышленного симбиоза в городе Детва сегодня являются:

1. Agrorev – фермы, станции биогаза.

2. Koliba (дочерняя компания Agrorev) – завод по производству молочной продукции.

3. Bytes – оператор биогазовых станций, использующий отходы Agrorev в качестве сырья и снабжающий город теплом и водой.

Таблица 17 – Эффекты от развития промышленного симбиоза в г. Кавасаки

Экологические эффекты	
■ Ежегодно предотвращается отходов / повторно используются:	
○ Металл (лом) – 196 тыс. т.	
○ Бытовая техника – 29 тыс. т.	
○ Пластик - 127,8 тыс. т.	
○ Грунт со строительных площадок – 70,7 тыс. т.	
○ Иловый осадок – 175 тыс. т.	
○ Доменный шлак – 315 тыс. т.	
○ Бумажные отходы – 84 тыс. т.	
○ Органические отходы – 14,86 тыс. т.	
■ Предотвращено отходов:	
○ Углекислый газ (CO ₂) – 4,26 млн т.	
○ Отходов на полигонах твердых бытовых и промышленных отходов – 565 тыс. т.	
■ Ежегодная экономия ресурсов порядка 500 тыс. т, включая:	
○ Глина – 263 тыс. т.	
○ Известняк – 55 тыс. т.	
○ Уголь – 73 тыс. т.	
○ Целлюлоза – 54,3 тыс. т.	
○ Цемент – 315 тыс. т.	
■ Ежегодная экономия газа 18,13 тыс. м ³ .	
■ Ежегодная экономия энергии 50 млн кВт.	
■ Постоянное появление новых экологических цепочек обмена ресурсами, например:	
○ собираемый муниципалитетом города металл (в том числе из старой бытовой техники) используется сталелитейными предприятиями JFE Steelworks и NAS Stainless Steel Mill в собственной производственной цепочке.	
○ муниципалитет города направляет собираемый пластиковый мусор на предприятие Showa Denko, который используется в производстве аммиака.	
○ собираемые пластиковый мусор, иловый осадок, избыточный грунт строительных площадок и доменный шлак JFE Steelworks используются компанией DC Cement для производства цемента.	
○ избыточное тепло JFE Steelworks передается бумажному заводу (в среднем 50 млн кВт в год).	

Продолжение таблицы 17

Социальные эффекты	
▪ Развитие инфраструктуры (организация новых предприятий для переработки продуктов вторичной переработки).	
▪ Новые рабочие места за счет развития локальных производств и появления новых бизнесов (организации новых предприятий).	
Экономические эффекты	
▪ Новые предприятия, созданные для участия в ПС – 5 компаний.	
▪ Ежегодный эффект от деятельности симбиоза в Кавасаки оценивается в 130 млн долл. США.	
Инновационные эффекты	
▪ Активизация инновационной деятельности 11 компаний-участников симбиоза для формирования новых цепочек обмена ресурсами, например, развитие и применение технологий:	
○ повторного использования металлолома.	
○ использование доменного шлака, пищевых, бумажных и пластиковых отходов, илового осадка при производстве цемента.	
○ использование пластика при генерации тепла и энергии.	
○ производство аммиака (NH ₄) из пластика вторичной переработки.	
○ производство опалубочных досок из пластика вторичной переработки.	

Составлено автором на основании [113; 124; 159; 160]

В таблице 18 приведены эффекты от развития ПС в г. Детва.

Таблица 18 – Эффекты от развития промышленного симбиоза в г. Детва

Экологические эффекты
▪ Ежегодно предотвращается отходов: ○ Пищевая биомасса – 33,5 тыс. т. ○ Древесная биомасса – 73 тыс. т. ▪ Ежегодная экономия энергии 26 тыс. МВт. ▪ Постоянное появление новых экологических цепочек обмена ресурсами, например: ○ сельскохозяйственные культуры как корм для животных. ○ сельскохозяйственные культуры и древесная биомасса как сырье для биогазовых станций. ○ тепло, вырабатываемое биогазовыми станциями, как ресурс для города.
Социальные эффекты
▪ Развитие инфраструктуры (в частности, строительство биогазовых установок и комплекса по производству щепы из древесной биомассы были реализованы при финансовой поддержке Европейского Союза). ▪ Новые рабочие места за счет развития локальных производств и появления новых предприятий.
Экономические эффекты
▪ Новые предприятия, созданные для участия в ПС – 1 компания. ▪ Экономический результат от деятельности ПС ежегодно до 5 млн долл. США.
Инновационные эффекты
▪ Активизация инновационной деятельности компаний-участников симбиоза для формирования новых цепочек обмена ресурсами, например, развитие и применение технологий: ○ переработка древесной биомассы в щепу для биогазовой станции. ○ переработка зерновых в корм для животных.

Составлено автором на основании [147]

V. ПС в городе Юнчэн

Развитие ПС в городе Юнчэн (Китай) началось с момента включения города в План устойчивого развития национальных ресурсозависимых городов на период 2013–2020 гг. («National Resource-Dependent Cities for Sustainable Development Plan (2013-2020)»), составленный и утвержденный Госсоветом Китая в 2013 году [133]. Город, расположенный в восточной части провинции Хэнань с населением порядка 1,2 млн человек, имеет потребность в энергии в размере 6,4 млн т (в эквиваленте природного угля). Юнчэн богат минеральными ресурсами и является одной из шести так называемых баз антрацитового угля в Китае. Кроме того, город сталкивается с нехваткой воды из-за большого

потребления грунтовых вод. В Юнчэне производятся алюминий, метанол, сталь/чугун, генерируется электроэнергия на тепловых электростанциях (основной ресурс – уголь). При этом город столкнулся с проблемами истощения природных ресурсов, низкими темпами развития промышленных предприятий и загрязнениями окружающей среды. Ключевые участники промышленного симбиоза в городе Юнчэн сегодня являются (некоторые предприятия являются частью одной большой промышленной группы):

1. Угольные шахты (Henan Energy & Chemical).
2. Алюминиевый завод (Henan Yongsheng Aluminum Industry Co., Ltd).
3. Завод по производству чугуна и стали (Yongcheng Xingye).
4. Завод по производству метанола (Henan Energy & Chemical).
5. Химический завод (Henan Energy & Chemical).
6. Цементный завод (Zhejiang Yongcheng Group).
7. Предприятие по очистке сточных вод.
8. Предприятия по переработке органических и промышленных отходов.
9. Винный завод (China Ningbo Yongcheng Wine Co., Ltd).
10. Тепловые электростанции (Henan Energy & Chemical).
11. Пищевые производства.
12. Текстильный завод (перчатки).
13. Администрация города Юнчэн.

В таблице 19 приведены эффекты от развития ПС в г. Юнчэн.

VI. Симбиотическая сеть в Новосибирске

Один из примеров ПС в России начал свое развитие в 2006 г. в Новосибирске [21]. Руководство предприятия, являвшимся на тот момент крупнейшим в России производителем ядра кедрового ореха и кедрового масла, приняло решение использовать собственные производственные отходы в виде скорлупы кедрового ореха в качестве топлива. Для реализации инициативы была построена котельная и установлен специальный, рассчитанный на применение сыпучего топлива (опилок, лузги подсолнечника, ореховой скорлупы и т.п.) котел мощностью 200

кВт. Получаемое тепло используется для сушки ореха и отопления помещений.

Таблица 19 – Эффекты от развития ПС в г. Юнчэн

Экологические эффекты
▪ Предотвращено отходов / повторно использованы: ○ Шлак – 2,37 млн т. ○ Твердые бытовые отходы – 0,43 млн т. ○ Древесные отходы – 0,28 млн т. ○ Зола – 0,17 млн т. ○ Сточные воды – 5,21 млн т (промышленные – 3,21 млн т. бытовые – 1,3 млн т). ▪ Предотвращено отходов: ○ Углекислый газ (CO₂) – 4,88 млн т. ○ Отходов на полигонах твердых бытовых и промышленных отходов – 5,61 млн т. ▪ Экономия ресурсов: ○ Уголь – 1,07 млн т. ○ Вода – 5,43 млн т. ○ Цемент – 2,44 млн т. ○ Электроэнергия – 99,9 МВтч. ▪ Постоянное появление новых экологических цепочек обмена ресурсами, например: ○ Шлак как ресурс для производства строительных материалов. ○ Очистка промышленных и бытовых сточных вод для повторного использования. ○ Использование избыточного пара тепловых электростанций при производстве метанола.
Социальные эффекты
▪ Развитие инфраструктуры (организация новых предприятий для переработки продуктов вторичной переработки). ▪ Новые рабочие места за счет развития локальных производств и появления новых бизнесов (организации новых предприятий).
Экономические эффекты
▪ Новые предприятия, созданные для участия в ПС – 4 компании. ▪ Ежегодный эффект от деятельности симбиоза более 140 млн долл. США.
Инновационные эффекты
▪ Активизация инновационной деятельности 12 компаний-участников симбиоза для формирования новых цепочек обмена ресурсами, например, развитие и применение технологий: ○ Использование избыточного газа металлургического производства на электрогенерирующей станции. ○ Переработка твердых бытовых отходов (в том числе древесных) для генерации тепла и электроэнергии. ○ Использование металлолома и изношенных шин в литейном производстве. ○ Использование кислот, содержащий алюминий, на химическом производстве.

Составлено автором на основании [126; 133]

Участники промышленного симбиоза в г. Новосибирск:

1. Косметическая компания, использующая скорлупу для изготовления скраба (в среднем используется 2 т скорлупы в год).

2. Организация, занимающаяся изготовлением специальных добавок в буровые растворы для нефтяных компаний (в среднем используется 240 т скорлупы в год).

3. Ландшафтные дизайнеры и садоводы, использующие скорлупу для мульчирования почвы (в среднем используется 20 т скорлупы в год).

В табл. 20 приведены эффекты от развития ПС в г. Новосибирске.

Таблица 20 – Эффекты от развития промышленного симбиоза в г. Новосибирск

Экологические эффекты
▪ Ежегодно предотвращается отходов: ○ Пищевая биомасса – 2,4 тыс. т. ▪ Ежегодная экономия энергии 1,6 тыс. МВт. ▪ Постоянное появление новых экологических цепочек обмена ресурсами, например: ○ ореховая скорлупа как сырье для тепловых станций. ○ ореховая скорлупа как сырье для производства косметики (скраб). ○ ореховая скорлупа как сырье для производства буровых растворов. ○ ореховая скорлупа как сырье для защиты (мульчирования) почвы.
Социальные эффекты
▪ Развитие инфраструктуры (в частности, строительство тепловой станции). ▪ Новые рабочие места за счет развития локальных производств и партнерство с другими предприятиями.
Экономические эффекты
▪ Новые предприятия, участвующие в ПС. ▪ Экономический результат от деятельности ПС ежегодно до 0,5 млн долл. США.
Инновационные эффекты
▪ Активизация инновационной деятельности компаний-участников симбиоза для формирования новых цепочек обмена ресурсами, например, развитие и применение технологий: ○ переработка пищевой биомассы для тепловой станции. ○ использование биомассы при производстве косметики, бурового раствора, генерации энергии.

Составлено автором на основании [21]

Результаты сравнительного анализа

Структурированные и агрегированные данные по шести примерам реализации ПС приведены в аналитической многофакторной матрице по десяти параметрам (таблица 21).

Таблица 21 – Сравнительная таблица примеров реализации промышленного симбиоза [17]

	Центр Kalundborg Symbiosis	Промышленный симбиоз в Стенунгсунде	Промышленный симбиоз Эко-города Кавасаки	Агропромышленный кооператив Детва	Промышленный симбиоз в Юнчэне	Симбиотическая сеть в Новосибирске
1. Страна и город	Дания, Калуннборг	Швеция, Стенунгсунд	Япония, Кавасаки	Словакия, Детва	Юнчэн, Китай	Россия, Новосибирск
2. Год начала	1959	1960-е	1997	1998	2013	2006
3. Модель формирования промышленного симбиоза	Смешанная	Смешанная	Запланированная	Самоорганизующаяся	Запланированная	Самоорганизующаяся
4. Лидер формирования промышленного симбиоза	Государственные и частные компании	Частные компании	Государство	Частная компания	Государство	Частная компания
5. Финансирование	Государственное и частное	Государственное и частное	Государственное и частное	Государственное и частное	Государственное и частное	Частное
6.Количество участников	18	8	7	3	13	4
7. Сферы деятельности участников						
Теплоснабжение	Да	Да	Нет	Нет	Да	Нет
Электроэнергия	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Биоэнергетика	Да	Да	Нет	Да	Да	Да
Водоснабжение и водоподготовка	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Нефтепереработка	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Нефтедобыча	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Угледобыча	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет

Продолжение таблицы 21

	Центр Kalundborg Symbiosis	Промышленный симбиоз в Стенунгсунде	Промышленный симбиоз Эко-города Кавасаки	Агропромышленный кооператив Детва	Промышленный симбиоз в Юнчэне	Симбиотическая сеть в Новосибирске
Металлургия	Нет	Нет	Да	Нет	Да	Нет
Производство цемента	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет
Производство гипса	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Лесопереработка	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да
Целлюлозно-бумажная промышленность	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
Химическая промышленность	Нет	Да	Да	Нет	Да	Нет
Растениеводство и животноводство	Да	Нет	Да	Да	Да	Да
Биотехнологии	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Ландшафтный дизайн	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Косметология	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
8. Количество сфер деятельности участников ПС	9	3	5	3	11	6
9. Количество продуктов в ПС	21	6	12	5	16	4
10. Способы использования отходов/продуктов в цепочке						
Сырье для производства	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Сырье для генерации тепла / электроэнергии	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Удобрение	Да	Нет	Да	Да	Нет	Нет
Корм	Да	Нет	Да	Да	Нет	Нет
Ландшафтный дизайн	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да

Согласно проведенному исследованию, ПС формируется по смешанной модели: как спонтанно при заинтересованности собственников бизнеса достичь экономическую выгоду, передавая побочные продукты контрагентам, так и запланировано, с привлечением к планированию и формированию симбиоза государства или государственных компаний. Наиболее успешное формирование промышленных симбиотических цепочек наблюдается при планировании и реализации инициатив в рамках различных форм государственно-частного партнерства и активном участии всех участников процесса.

В проанализированных примерах побочные продукты используются в основном в качестве сырья для других производств (прежде всего, при производстве строительных материалов, химической и металлургической продукции) и топлива для получения тепла и электроэнергии.

Промышленный симбиоз наиболее вероятен в тех партнерствах, в которых задействованы предприятия сельского хозяйства (в том числе растениеводство, животноводство, лесной хозяйство), производители строительных материалов, теплоснабжающие структуры. В пяти изученных примерах из шести симбиотические цепочки сформированы при участии таких предприятий (Центр Kalundborg Symbiosis, Детва, Юнчэн, Эко-город Кавасаки, промышленная сеть в Новосибирске).

В большинстве изученных примерах лидером развития производственных симбиотических цепочек являются частные компании несмотря на то, что для реализации подобных проектов используются инструменты государственно-частного партнерства.

На основе агрегированных исследованных данных и экспертных оценках автором настоящего исследования была построена с помощью Microsoft Excel двухфакторная матрица, которая позволяет определить существование зависимости уровня экологического эффекта промышленного симбиоза от количества конечных продуктов в симбиозе (рис. 15).

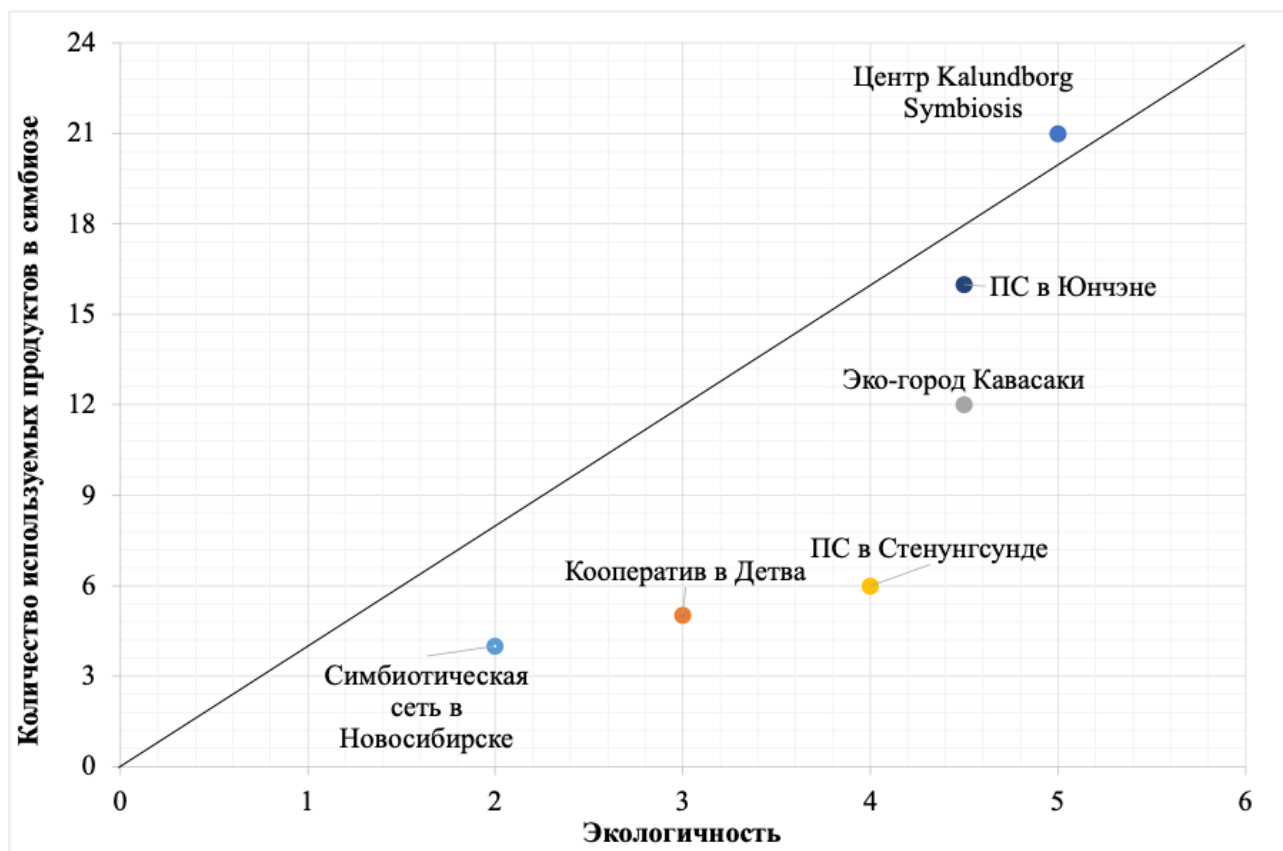


Рис. 15 – Зависимость уровня экологического эффекта от количества используемых конечных продуктов в симбиозе

Составлено автором на основании [17]

Согласно данным рис. 15, зависимость между двумя выделенными факторами существует. В таких примерах промышленного симбиоза, как центр Kalundborg Symbiosis, эко-город Кавасаки, ПС в Юнчэне, где компании обмениваются более десяти видов различных ресурсов и побочных продуктов, экологический эффект от реализуемых инициатив выше по сравнению с другими практиками, что также находит отражение на отраслевую разновидность предприятий (в данных симбиозах представлены не только производственные предприятия из различных отраслей, но и компании, занимающиеся тепло- и водоснабжением, генерацией электроэнергии). Благодаря такому всестороннему и комплексному сотрудничеству достигается больший эффект, по сравнению с российскими примерами, где кооперация еще не достигла такого уровня

межотраслевого взаимодействия.

Другие эффекты рассмотренных ПС (социальные, экономические, инновационные) приведены в таблице 22.

Все ПС способствовали появлению новых компаний, благодаря которым были созданы новые рабочие места в соответствующих регионах. Появление производственных цепочек сделало необходимым создание локальных предприятий для обслуживания симбиотических обменов между действующими организациями.

Каждый проанализированный ПС действует с положительным экономическим эффектом. При этом размер эффекта существенно зависит от числа участников ПС, количества симбиотических цепочек, объема действующих обменов ресурсами. В самых развитых объединениях (Центр Kalundborg Symbiosis, Промышленный симбиоз в Юнчэне, Эко-город Кавасаки), где в симбиозе участвуют более десяти предприятий, или производится обмен более десяти продуктами/ресурсами, или наблюдается передача ресурсов в объеме не менее тысячи тонн на постоянной основе, наблюдается наибольшее значение ежегодного экономического эффекта.

В проанализированных ПС наблюдается активизация инновационной деятельности участников симбиоза. В каждом регионе доля предприятий-участников симбиотических цепочек, занимающихся исследованиями и поиском решений для формирования обменов, выше, чем уровень инновационной активности обрабатывающих производств в наблюдаемых странах. Тем самым, кооперация на принципах ПС положительно влияет на количество предприятий, занимающихся инновационной деятельностью.

Таблица 22 – Социальные, экономические и инновационные эффекты от реализации проанализированных промышленных симбиозов

	Центр Kalundborg Symbiosis (Дания)	Промышленный симбиоз в Стенунгсунде (Швеция)	Промышленный симбиоз Эко-города Кавасаки (Япония)	Агропромышленный кооператив Детва (Словакия)	Промышленный симбиоз в Юнчэне (Китай)	Симбиотическая сеть в Новосибирске (Россия)
Социальный эффект						
Количество новых предприятий из-за деятельности ПС	8	1	5	1	4	1
Экономический эффект						
Ежегодный экономический эффект (млн долл)	15	9	130	5	140	0,5
Инновационный эффект						
Доля участников ПС, занимающиеся инновациями	83%	88%	86%	67%	77%	50%
Уровень инновационной активности обрабатывающих производств в стране [33]	58%	57%	53%	40%	54%	24%

Анализ современной практики формирования промышленного симбиоза показал, что интеграция предприятий на принципах промышленного симбиоза не только способствует смягчению противоречий, связанных с задачей общества по сохранению окружающей среды и стремлением экономик мира к постоянному экономическому росту и достижению экономического эффекта от инвестирования в подобные инициативы, но и положительно влияет на инновационную активность предприятий. ПС побуждает предприятия искать и/или развивать технологии по использованию продуктов вторичной переработки в производственном цикле различных отраслей для формирования симбиотических цепочек.

Базовым элементом каждого ПС является использование отходов и побочных продуктов в качестве сырья для производства или получения тепла и электроэнергии. Наиболее часто симбиотические цепочки встречаются в таких сферах, как сельское хозяйство (в том числе животноводство, растениеводство, лесное хозяйство), производство металлов, химическая промышленность, сбор и переработка отходов.

При формировании симбиотических цепочек на практике используются как самоорганизующаяся, так и запланированная модели. При этом фактор лидерства существенно влияет на результативность и эффективность развития ПС, так как в каждом рассмотренном практическом примере симбиоза лидером были разные организации и структуры (государство, государственная компания, частная компания).

2.3. Систематизация результатов эмпирических исследований формирования промышленного симбиоза в г. Санкт-Петербург и Ленинградской области

Автор настоящего исследования принимал активное участие в двух эмпирических исследованиях, нацеленных на формирование промышленного симбиоза в РФ: проекты «Северная креветка» и «Балтийский промышленный

симбиоз». В первом случае была использована модель формирования ПС под лидерством некоммерческой организации, не участвующей в обмене продуктами вторичной переработки, во втором случае – модель формирования ПС под лидерством коммерческой организации, не участвующей в обмене продуктами вторичной переработки. Далее приведено краткое описание проектов.

Проект «Северная креветка»

Идея развития ПС появилась в 2018 году в рамках работы направления «Трансфер технологий» бизнес-инкубатора (АО «Технопарк Санкт-Петербурга») [15]. Суть идеи в объединении инновационных технологических проектов для повышения конкурентоспособности и разумного использования природных ресурсов, облегчения внедрения новых технологий [3]. Тем самым, направление «Трансфер технологий» бизнес-инкубатора выступило идеологом и лидером развития ПС в целях содействия развитию и внедрению новых технологий.

Участники ПС «Северная креветка»:

1. «Северная креветка» – проектирование, строительство и развитие сети акваферм по выращиванию креветки (резидент бизнес-инкубатора).
2. Tyumen Group – земельный участок, производственные помещения (выпускник резидентуры бизнес-инкубатора).
3. «Инвайро» – тепло и электричество от утилизации бывших в употреблении автомобильных шин (выпускник резидентуры бизнес-инкубатора).
4. «Иннокор» – автоматизированные энергоэффективные светодиодные системы (выпускник резидентуры бизнес-инкубатора).
5. «ТВЭЛЛ» – автоматизированная система очистки оборотной воды от взвесей (выпускник резидентуры бизнес-инкубатора).
6. «НЕО+» - разработка и производство гидрофобизирующих составов (выпускник резидентуры бизнес-инкубатора).
7. Автотранспортные предприятия – сбор и передача отработанных шин на

переработку.

8. Агропредприятия – закупка удобрений.

9. «Технопарк Санкт-Петербурга» (направление «Трансфер технологий») – идеология и содействие развитию технологических компаний, в том числе на принципах промышленного симбиоза.

На рис. 16 приведена схема ПС «Северная креветка», составленная автором с применением интерактивной онлайн-доски Miro. Сплошными линиями приведены сформированные цепочки, пунктирными – формирующиеся.

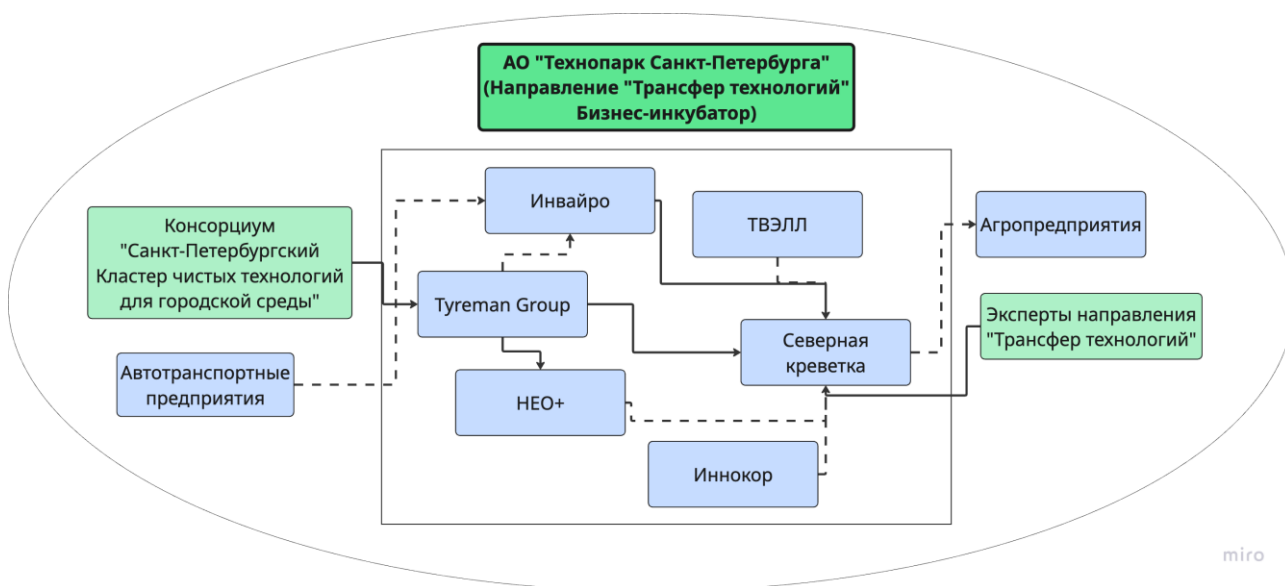


Рис. 16 – ПС «Северная креветка»

Составлено автором

При формировании ПС АО «Технопарк Санкт-Петербурга» проводило встречи руководителей инновационных компаний для обсуждения возможности формирования партнерств между предприятиями. Дополнительно к данным активностям привлекались специалисты некоммерческих организаций (например, консорциум «Санкт-Петербургский кластер чистых технологий для городской среды») и сообщества экспертов (например, внешние эксперты направления «Трансфер технологий» АО «Технопарк Санкт-Петербурга») для обмена опытом и знаниями. В результате в рамках ПС сформировались цепочки

между Tyreman Group и «Северная креветка» (земля, производственные площади, вода), Tyreman Group и «НЕО+» (земля, производственные площади, вода), «Инвайро» и «Северная креветка» (технологии генерации тепла). На момент 2024 года в процессе формирования оставались такие обмены, как сбор и передача отработанных шин (автотранспортные предприятия и «Инвайро»), генерация и использование тепла и электроэнергии из отходов («Инвайро» и «Северная креветка») энергосберегающие освещение («Иннокор» и «Северная креветка») и очистка воды («ТВЭЛЛ» и «Северная креветка»), поставка удобрений из продуктов вторичной переработки («Северная креветка» и агропредприятия).

Проект «Балтийский промышленный симбиоз»

В рамках реализации проекта «Балтийский промышленный симбиоз» компания Tyreman Group занималась формированием ПС в Северо-Западном Федеральном Округе [69]. Проект «Балтийский Промышленный Симбиоз» программы «Интеррег. Регион Балтийского моря» длился с 2019 г. по 2021 г. Проект был нацелен на продвижение идеи ПС в странах региона, в том числе через установление деловых контактов и формирование кооперации. В проекте приняли участие тринадцать организаций из шести стран: Дания, Норвегия, Финляндия, Швеция, Польша, Россия. Среди участников Symbiosis Center Denmark (Калуннборг, Дания), Технопарк Digipolis (Кеми, Финляндия), Ассоциация предприятий целлюлозно-бумажной промышленности Рарег Province (Карлстад, Швеция), Университеты Линчепинга (Швеция) и Роскилле (Норвегия), а также Политехнический Университет Гданьска (Польша). Tyreman Group, в задачи которой входило содействие формированию и тестированию не менее трех промышленных симбиотических цепочек, являлось единственной коммерческой организацией, принимавшей участие в проекте.

Как было указано выше, одним из участников проекта «Балтийский Промышленный Симбиоз» была Symbiosis Center Denmark – организация, которая с 2015 г. содействует развитию промышленного симбиоза в

г. Калуннборг и считается лидером этого процесса [158]. За 10 лет практической деятельности организацией был накоплен существенный опыт и знания фасилитации развитию промышленных симбиотических цепочек. В связи с этим одной из задач Tyreman Group в проекте было ознакомление с методологией и инструментами Symbiosis Center Denmark. Также в рамках проекта производился обмен опытом и с другими членами проекта из других стран. При формировании локальных промышленных симбиотических цепочек Tyreman Group адаптировала методологию скрининга потенциальных участников обмена [151] под российские реалии.

В рамках проектных поисковых исследований (глубинные интервью; скрининг/анкетирование; деловые встречи; участие в профильных мероприятиях; публикации; создание Живой лаборатории – площадка для проведения тестов потенциальных цепочек; проведение экспериментов и эмпирических исследований по использованию продуктов вторичной переработки в других производствах) было предварительно сформировано и протестировано 26 возможных обменов ресурсами, среди которых 10 оказались технологически реализуемыми, например:

1. Кофейный жмых кофеен Санкт-Петербурга для выращивания грибов, производства топливных брикетов и косметики.
2. Собранный в Санкт-Петербурге пластик в производстве изделий для дома (например, элементы декора, мебель, аксессуары и другое).
3. Отсев щебня горнодобывающего предприятия в Карелии в качестве замены песка в производстве уличной мебели.
4. Отработанный текстиль торговой компании в изготовлении товаров для дома (например, подушки, матрасы, одеяло и другое).
5. Пищевые отходы пивоварен в производстве комбикормов.

На рис. 17 приведена схема ПС, сформированного в РФ в рамках проекта «Балтийский промышленный симбиоз», составленная автором с применением интерактивной онлайн-доски Miro. Сплошными линиями приведены успешно

протестированные цепочки, пунктирными – формирующиеся или требующие дополнительного изучения (например, капитальные затраты, корректировка или уточнение технологии, увеличение объема ресурса для успешного обмена, дополнительная сортировка, оптимизация транспортных расходов и другое).

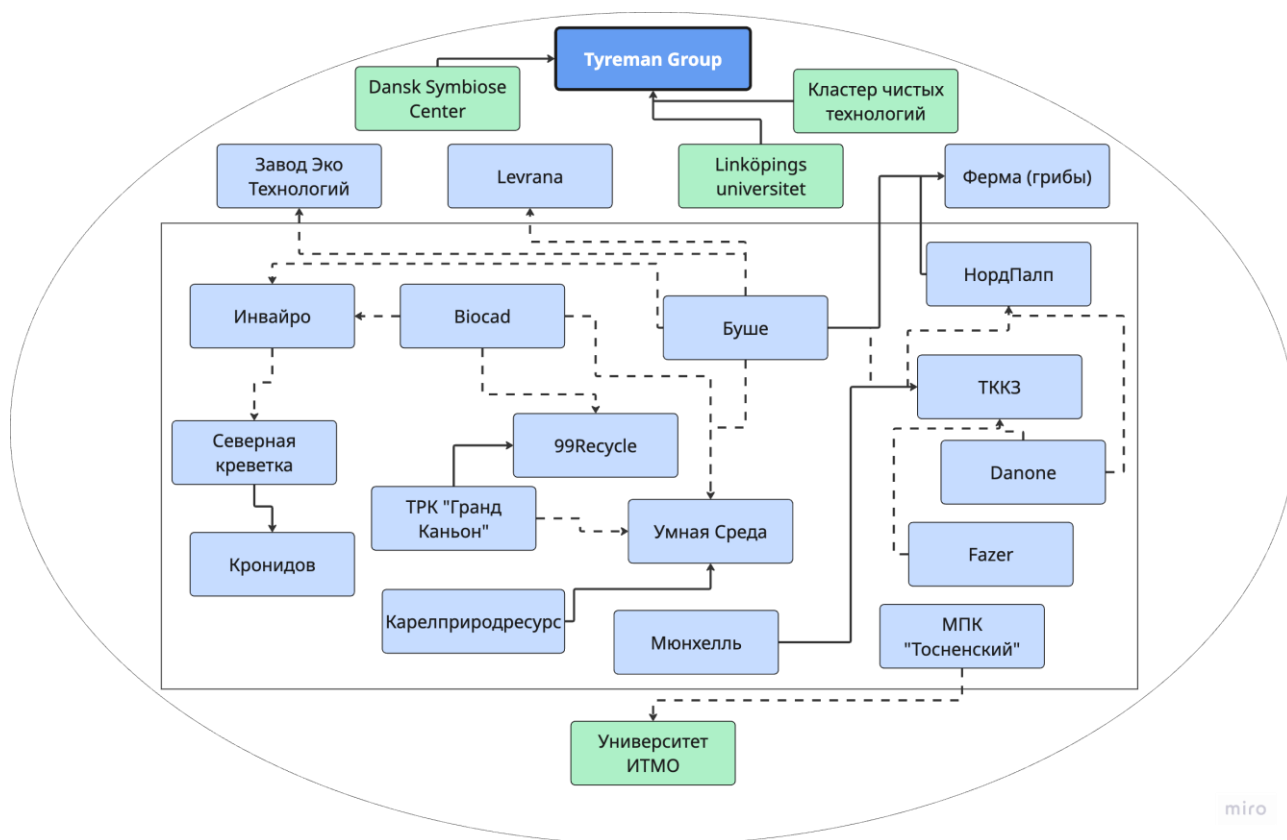


Рис. 17 – ПС в РФ в рамках проекта «Балтийский Промышленный Симбиоз»

Составлено автором

В дополнение к сформированным и формируемым обменам ресурсами между существующими предприятиями Tyreman Group оценивает возможность содействия запуску несколько новых бизнесов на принципах ПС:

1. Органическая ферма по производству грибов (вешенки).
2. Многоразовая посуда из кофейного жмыха.
3. Сервис по вывозу отдельных отходов из магазинов Санкт-Петербурга.

Реализация проекта также косвенно повлияла на формирование новых симбиотических цепочек в Санкт-Петербурге. Так, компания «Levrana», которой

было предложено протестировать кофейный жмых из кофейен «Буше» в качестве сырья для производства косметики в рамках проекта «Балтийский промышленный симбиоз», в результате сформировала устойчивое партнерство с сетью «Цех85» [93]. В таблице 23 приведены эффекты развития ПС «Северная креветка» и «Балтийский промышленный симбиоз».

Как можно заметить, проведенные эмпирические исследования по формированию ПС в России имеют значительно меньшие эффекты в сравнении с аналогичными объединениями других стран, изученных в рамках настоящего исследования (параграф 2.2). Примененные модели формирования симбиотических цепочек показывают свою результативность, так как при лидерстве как некоммерческой, так и коммерческой организаций, не участвующих в обменах ресурсами, создание симбиозов и обменов в РФ возможны с относительно приемлемыми экономическими, экологическими, социальными и инновационными эффектами. При этом, как показывает сравнение с зарубежными примерами, для существенно больших результатов необходимо длительное развитие ПС (не менее 10 лет). Также на разных этапах развития успешных иностранных симбиозов функцию лидера выполняли разные участники (например, в г. Калуннборг на начальном этапе обмен ресурсами формировался непосредственно участниками обменов в целях повышения собственной операционной эффективности, а в дальнейшем в регионе была создана специальная некоммерческая организация, наделенная функцией фасилитатора развитию симбиоза).

Рассмотренные выше два эмпирических исследования формирования промышленных симбиотических цепочек показали применимость в РФ таких моделей, как модель формирования промышленного симбиоза под лидерством некоммерческой организации, и модель формирования ПС под лидерством коммерческой организации, не участвующей в обмене продуктами вторичной переработки. Их применение позволяет сформировать симбиозы с позитивными экологическими, социальными, экологическими и инновационными эффектами.

Таблица 23 – Эффекты от развития промышленного симбиоза «Северная креветка» и «Балтийский промышленный симбиоз»

Вид эффекта	«Северная креветка»	«Балтийский промышленный симбиоз»
Экологические	- Ежегодно предотвращается отходов: - Пищевая биомасса – 0,1 тыс. т. - Ежегодная экономия энергии 0,1 тыс. МВт. - Постоянное появление новых экологических цепочек обмена ресурсами, например: - Биомасса как сырье для теплиц. - Промышленные отходы как сырье для генерации тепла.	- Ежегодно предотвращается отходов: - Пищевая биомасса – 0,4 тыс. т. - Отсев щебня – 0,1 тыс. т. - Ежегодная экономия энергии 0,2 тыс. МВт. - Постоянное появление новых экологических цепочек обмена ресурсами, например: - Кофейный жмых как сырье для производства многоразовой посуды, косметики, топливных брикетов. - Кофейный жмых как сырье для выращивания грибов. - Текстильные остатки для повторного использования (например, подушки). - Пластик для производства мебели и предметов декора.
Социальные	- Развитие инфраструктуры (в частности, строительство теплогенерирующей станции). - Новые рабочие места в регионе за счет развития локальных технологичных производств и партнерства с другими предприятиями.	- Развитие инфраструктуры (в частности, создание «Живой лаборатории»). - Новые рабочие места в регионе за счет развития локальных технологичных производств и партнерства с другими предприятиями.
Экономические	- Потенциальные новые предприятия, участвующие в ПС. - Экономический результат от деятельности ПС ежегодно до 10 млн руб.	- Потенциальные новые предприятия, участвующие в ПС. - Экономический результат от деятельности ПС ежегодно до 20 млн руб. - Диверсификация бизнеса участников симбиоза. - Привлечение новых клиентов / укрепление отношений с текущими клиентами в долгосрочной перспективе.

Продолжение таблицы 23

Вид эффекта	«Северная креветка»	«Балтийский промышленный симбиоз»
Инновационные	▪ Активизация инновационной деятельности компаний-участников симбиоза для формирования новых цепочек обмена ресурсами, например, развитие и применение технологий: ○ Переработка пищевой биомассы и промышленных отходов для генерации тепла. ○ Переработка сточной воды для повторного использования. ○ Энергоэффективные технологии. ▪ Активизация инновационной деятельности компаний, которые не участвуют в ПС, для формирования новых цепочек обмена ресурсами, например: ○ Автотранспортные предприятия. ○ Агропромышленные предприятия.	▪ Активизация инновационной деятельности компаний-участников симбиоза для формирования новых цепочек обмена ресурсами, например, развитие и применение технологий: ○ Пивные дрожжи и остатки хлебобулочных изделий в производстве комбикормов. ○ Отсев щебня в производстве уличной мебели. ○ Очес торфа и кофейный жмых как сырье для производства биогумуса и почвогрунтов. ○ Пластик (в частности, Tetra Pak) для производства мебели и предметов декора. ○ Свиная кровь в производстве медикаментов и кормов. ▪ Активизация инновационной деятельности компаний, которые не участвуют в ПС, для формирования новых цепочек обмена ресурсами, например: ○ Кофейный жмых как ресурс для производства скраба (кейс Цех85 и Levrana).

Составлено автором

Сравнение достигнутых результатов ПС с результатами зарубежных аналогичных объединений показывает, что наиболее успешные симбиозы строятся не менее 10 лет, при этом функцию лидерства на разных этапах выполняют различные структуры (и коммерческие, и некоммерческие организации, участвующие и не участвующие в обменах ресурсами).

Завершая вторую главу, укажем, что изучение современной практики формирования промышленного симбиоза показал, что интеграция предприятий на принципах промышленного симбиоза позволяет достигать и экономические, и экологические, и социальные, и инновационные эффекты. При этом фактор лидерства при формировании обменов ресурсами существенно влияет на результативность и эффективность развития симбиозов. В результате автором были разработаны пять моделей, описывающие процессы и влияние организации-лидера на развитие симбиотических цепочек (параграф 1.3). Две модели были применены на практике при формировании ПС в РФ. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с результатами аналогичных объединений зарубежом, что продемонстрировало возможность получения больших эффектов при увеличении длительности экспериментов и распределении функции лидерства при формировании обменов в рамках создания симбиозов. При этом отметим имеющийся потенциал для повышения инновационной активности российских предприятий за счет распространения различных форм кооперации и большего внедрения «зеленых инноваций».

ГЛАВА 3. НОВАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

3.1. Разработка новой модели формирования промышленного симбиоза

На основании проведенного исследования, представленного в главе 2 настоящей работы, можно сделать вывод о наличии ограничений действующих моделей формирования промышленного симбиоза, которые оказывают негативное влияние на достижение эффектов от действия ПС (экономические, экологические, социальные, инновационные).

Автором предлагается новая модель формирования промышленного симбиоза, которая заключается в распределении функции лидерства как среди участников ПС, так и тех, кто в обменах продуктами вторичной переработки не участвуют (Рис. 18).

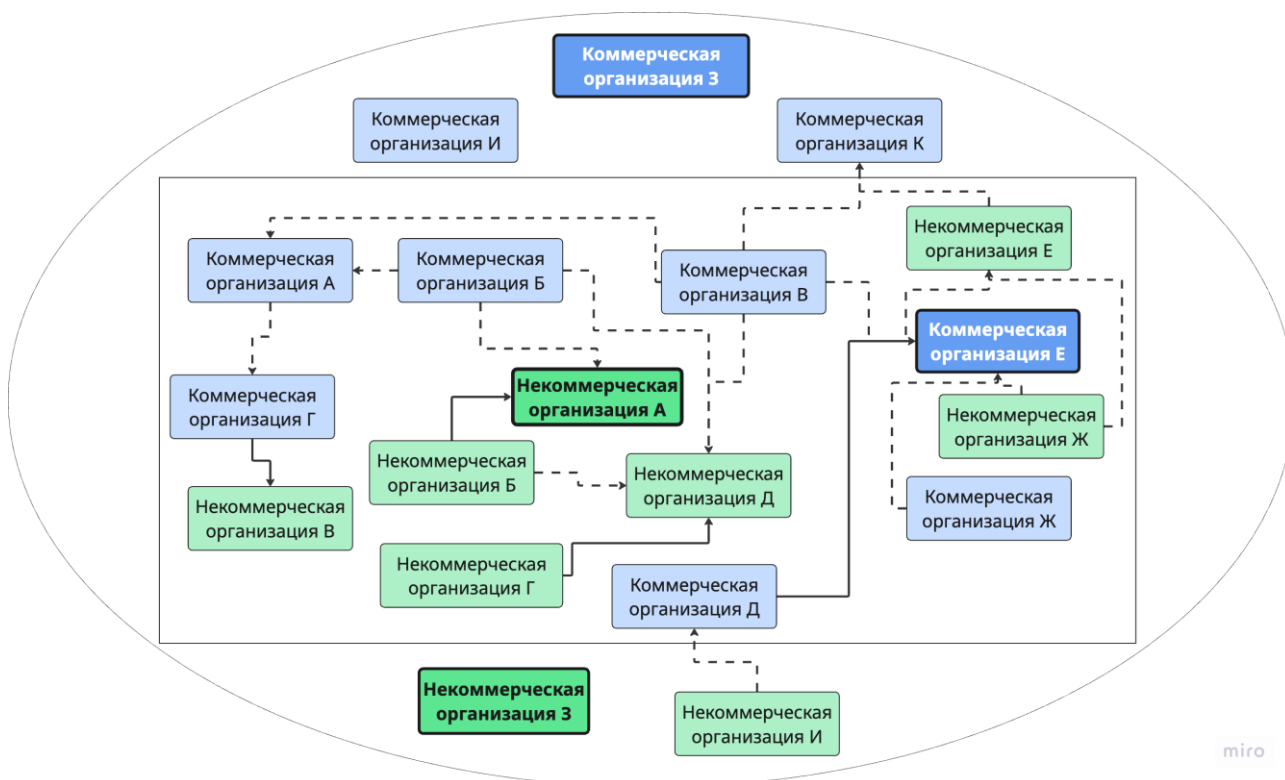


Рис. 18 – Предлагаемая модель формирования ПС с функцией распределенного лидерства

Составлено автором

Такая модель предполагает отказ от единого доминирующего предприятия-координатора в пользу сетевого взаимодействия, где функции управления распределены между несколькими участниками объединения. В такой модели промышленный симбиоз может развиваться «по-кластерно». То есть, промышленные симбиотические цепочки под лидерством различных организаций могут формироваться по разным правилам и/или принципам. Например, при лидерстве коммерческой организации обмены могут создаваться довольно хаотично, когда идея, позволяющая достичь повышения операционной эффективности участников обмена ресурсами, возникает случайно. В другом случае, когда симбиоз формируется при лидировании процесса силами некоммерческой организации, имеющей определенный бюджет, цепочки создаются целенаправленно для выполнения ключевых показателей (в частности, формирование не менее трех итераций обменов ресурсами). При этом лидеры и сами участники сформированных групп симбиозов не ограничены возможностью взаимодействовать между собой и тестировать новые гипотезы. Другими словами, в предлагаемой модели вовлекаются несколько драйверов промышленного симбиоза, в то же время за счет реализации «кластерами» / «группами» симбиозов единой цели (формирование промышленных симбиотических цепочек) возможно достижение синергетического эффекта.

При этом функцию лидерства, как показывает практика, могут выполнять и коммерческие, и некоммерческие организации, участвующие или не участвующие в обменах ресурсами. Данная модель применима при плановом и спонтанном подходах при формировании промышленных симбиотических цепочек, рассмотренные в параграфе 2.2.

Важно отметить, что зачастую роль государства имеет принципиальное значение на начальных этапах развития промышленного симбиоза, чьи действия становятся толчком для дальнейшего формирования цепочек (например, в эко-городе «Кавасаки» Правительство выделило многомиллионные субсидии на строительство инновационных мусороперерабатывающих заводов. Доля

государственного финансирования в таких объектах достигала 36% [143]). При этом основная идея автора заключается в распределении функций, усилий, навыков, знаний, ресурсов, рисков среди нескольких лидеров в целях повышения вероятности формирования успешных и устойчивых промышленных симбиотических цепочек в регионе. Другими словами, при планировании действий по формированию промышленного симбиоза в том или ином регионе предлагается определять ряд организаций, которые будут целенаправленно прорабатывать идею построения симбиотических обменов, тем самым сформировать несколько точек роста для данного процесса единомоментно.

С помощью данной модели предлагать достичь децентрализации управления, перейти от контроля со стороны одного игрока (якорного предприятия) или внешнего координатора к объединению, в котором действуют несколько локальных лидеров, каждый из которых силен в определенной области знаний (например, с точки зрения отраслей, предприятия горнодобывающей и строительной сфер обладают различными знаниями и навыками). Лидирующая роль по организации определенной симбиотической цепочки переходит к тому участнику, который обладает нужными ресурсами, технологиями или экспертными знаниями для решения конкретной задачи (например, утилизации определенного вида отходов) в данный момент времени.

При реализации предложенной структуры взаимодействия в промышленном симбиозе важны скоординированные действия всех участников [25] процесса: бизнес (в частности, инноваторы), государство (в том числе, регулирующие органы), сообщество (включая фасилитаторов). Цели и задачи лидеров и членов ПС могут отличаться (например, одни стремятся достичь определенных целевых показателей, другие повышают операционную эффективность и максимизируют собственную прибыль), однако способ, применяемый ими при достижении собственных целей и задач, должен быть един – использование принципов ПС, целенаправленное формирование промышленных симбиотических цепочек. Комплементарность участников,

насколько точно возможности и потребности участников дополняют друг друга, которые напрямую взаимодействуют между собой без прохождения каких-либо сложных административных уровней, дополнительно повышает эффективность от реализации такой модели.

Впоследствии при реализации такой модели достигаются различные эффекты взаимосвязанного и кумулятивного характеров:

1. Экономические [104]: сокращение стоимости сырья и энергии, а также снижение потери материалов; создание новых «зеленых» продуктов и рынков, снижение затрат на утилизацию отходов, экологический мониторинг и контроль, в том числе на оплату экологических платежей и штрафов.

2. Социальные: создание новых рабочих мест, компаний, бизнесов; развитие экономики совместного потребления; наращивание общественных благ и другое.

3. Экологические [145]: сокращение потребления природных ресурсов и энергии; снижение выбросов, парниковых газов; производство продуктов вторичной переработки в форме, обеспечивающей их естественную утилизацию и другое.

4. Инновационные: активизация инновационной деятельности организаций; развитие новых технологий; сокращение расходов на выполнение НИОКР и внедрение инноваций; снижение рисков ведения НИОКР и внедрения инноваций, в том числе за счет междисциплинарного обмена знаниями и доступу к успешным практикам и другое.

Взаимосвязанность эффектов заключается в том, что достижение одних выгод приводит к появлению других. Например, при поиске решений для формирования промышленной симбиотической цепочки активизируется инновационная деятельность, как минимум, одной организации (в случае с предлагаемой моделью формирования ПС с функцией распределенного лидерства число таких организаций не менее двух). Поиск решения, как правило, сопровождается исследованием возможных вариантов реализации обмена

ресурсами и изучением лучших практик, в том числе, для минимизации рисков. При формировании устойчиво стабильной цепочки достигаются и другие эффекты, как снижение затрат на утилизацию продуктов вторичной переработки, сокращение использования природных экосистем, создание новых продуктов и бизнесов, повышения качества [47] и другое.

Кумулятивный эффект от реализации предлагаемой модели формирования промышленного симбиоза достигается благодаря единовременной активизации деятельности нескольких организаций по формированию устойчивых обменов продуктами вторичной переработки с помощью распределения функций лидерства за данный процесс среди них. Тем самым, не одна, а сразу несколько структур целенаправленно занимаются профильными исследованиями, поиском решений и технологий, тестированием и масштабированием успешных производственных симбиотических цепочек. В таком случае количество прилагаемых усилий выше в сравнении с ситуацией, когда развитием симбиоза занимается одна организация.

В результате предлагаемая нами модель формирования промышленного симбиоза с функцией распределенного лидерства позволяет достичь эффектов кумулятивного и взаимосвязанного характеров и минимизировать ограничения, выявленные при исследовании действующих примеров ПС и выполнении эмпирических исследований. При этом реализация предложенной модели подразумевает скоординированные действия всех участников процесса: предприятия, государственные органы и организации, сообщества. Для оценки потенциала предлагаемого механизма необходимо учитывать накопленный опыт/сложившуюся практику формирования промышленных симбиотических цепочек.

3.2. Обоснование методики и оценка экономического и инновационного потенциалов новой модели формирования промышленного симбиоза⁴

В целях сопоставления новой авторской модели с существующими моделями развития промышленного симбиоза (в зависимости от лидера формирования ПС) разработана комплексная система показателей для сравнительной оценки. Данная система позволит сопоставить существующие модели и новую авторскую модель, наглядно и количественно доказав её результативность последней.

Приведем структуру и логику параграфа:

1. Группировка всех имеющихся эффектов от реализации промышленного симбиоза.

2. Выбор показателей по каждому виду эффектов, которые могут быть приведены к единой единице измерения и собраны данные при имеющихся возможностях автора исследования по практическим примерам ПС различных стран (в том числе, РФ).

3. Формирование сравнительной таблицы по имеющимся практическим примерам ПС различных стран (в том числе, РФ).

4. Описание методики и определение относительных и усредненных показателей на основе данных по практическим примерам ПС различных стран для моделирования результативности новой авторской модели.

5. Сопоставление полученных результатов при моделировании результативности новой авторской модели с результатами действующих примеров развития ПС.

Как приведено в разделе 2.1, для всех рассмотренных примеров реализации промышленного симбиоза в мире и России в рамках настоящей работы были выявлены экологические, социальные, экономические и инновационные

⁴ Данный параграф подготовлен с использованием результатов, опубликованных в авторской статье: Белых А.Л. Методика оценки эффектов от реализации промышленного симбиоза: инновационный контекст / А.Л. Белых, Л.В. Хорева // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2026. – № 3(77). – С. 92-97.

эффекты в количественном выражении. Данные показатели приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Зафиксированные эффекты от действия рассмотренных промышленных симбиозов

Экономические эффекты: 1. Дополнительная выручка от разработки и вывода на рынок новых продуктов (у.е.). 2. Снижение затрат (у.е.). 3. Дополнительная выручка от повышения узнаваемости бренда (у.е.).	Экологические эффекты: 1. Объем предотвращенных отходов (тыс. т). 2. Объем сэкономленных ресурсов (тыс. т).	
Социальные эффекты: 1. Количество новых компаний в регионе (шт.) от действия промышленного симбиоза. 2. Количество новых бизнесов в регионе (шт.) от действия промышленного симбиоза. 3. Количество создаваемых рабочих мест в регионе (шт.) от действия промышленного симбиоза.	Промышленный симбиоз 1. Количество участников (шт.). 2. Количество сфер деятельности участников (шт.). 3. Количество продуктов (цепочек) в промышленном симбиозе (шт.). 4. Количество лидеров развития симбиоза (шт.).	Инновационные эффекты: 1. Доля инновационно-активных компаний (%). 2. Количество новых решений/технологий за счет совместных НИОКР по теме промышленного симбиоза (шт.). 3. Количество новых продуктов (шт.). 4. Количество патентов (шт.).

Источник: составлено автором

Согласно накопленному опыту формирования промышленного симбиоза, любой ПС можно описать через такие количественные показатели, как число участников симбиоза, количество сфер деятельности компаний-участников, разнообразие продуктов, участвующих в обменах в рамках симбиотических цепочек, а также количество лидеров развития ПС. Данные показатели оказывают влияние на итоговые достигаемые экономические, социальные, экологические и инновационные эффекты. В частности, в Главе 2 было доказано, что уровень положительного экологического эффекта зависит от количества цепочек в ПС. В таблице 25 приведена предлагаемая система показателей для оценки моделей развития ПС.

Таблица 25 – Предлагаемая система показателей для оценки результативности новой модели формирования промышленного симбиоза

Экономический эффект: 1. Совокупный экономический эффект (млн долл. США).	Экологический эффект: Совокупный экологический эффект (тыс. т).	
	Промышленный симбиоз: 1. Количество участников (шт.). 2. Количество сфер деятельности участников (шт.). 3. Количество продуктов (цепочек) в промышленном симбиозе (шт.). 4. Количество лидеров развития симбиоза (шт.).	Инновационный эффект: 1. Доля инновационно активных компаний-участников ПС (%).
Социальный эффект: 1. Количество новых компаний/ бизнесов в регионе (шт.) от действия ПС.		

Источник: составлено автором

В качестве условной единицы предлагается использовать доллар США, так как данная валюта применяется для приведения экономических эффектов от тех или иных инициатив (в том числе ПС) в различных странах мира к единой шкале.

Приведем уточнения к выбранным показателям для каждого эффекта:

1. Экономический эффект предполагается оценивать с помощью такого показателя, как «Совокупный экономический эффект» (СЭконЭф) в млн долл. США согласно формуле 1:

$$\text{СЭконЭф} = V_{\text{прямая}} + V_{\text{косвенная}} + Z_{\text{экон}} \quad (1)$$

$V_{\text{прямая}}$ – Дополнительная выручка компаний-участников ПС от разработки и вывода на рынок новых продуктов, млн долл. США.

$V_{\text{косвенная}}$ – Дополнительная выручка компаний-участников ПС от повышения узнаваемости бренда, млн долл. США.

$Z_{\text{экон}}$ – Размер сниженных затрат компаний-участников ПС, млн долл. США.

Важно отметить, что в рассмотренных примерах ПС не все составные части СЭконЭф были зафиксированы (например, дополнительная выручка компаний-участников ПС от повышения узнаваемости бренда является скорее

косвенным эффектом с точки зрения симбиозов, однако пренебрегать данным фактором и исключать его из методики нельзя).

2. Экологический эффект предполагается оценивать с помощью такого показателя, как «Совокупный экологический эффект» (СЭколЭф) в тоннах согласно формуле 2:

$$\text{СЭколЭф} = \text{Рес}_{\text{Экон}} + \text{Отх}_{\text{Экон}} \quad (2)$$

$\text{Рес}_{\text{Экон}}$ – Объем сэкономленных ресурсов компаний-участников ПС в тыс. т.

$\text{Отх}_{\text{Экон}}$ – Объем предотвращенных отходов от компаний-участников ПС в тыс. т.

При этом факторы $\text{Рес}_{\text{Экон}}$ и $\text{Отх}_{\text{Экон}}$ в некоторых цепочках могут быть созависимыми (например, когда определенное предприятие начинает использовать отработанные шины в качестве сырья для генерации энергии вместо природного топлива, тем самым уменьшая площадь ТБО, парниковый эффект, объем использования газа/угля и так далее), однако данная зависимость зачастую является косвенной и подтверждается расчетным способом. Тем не менее, несмотря на указанную особенность, расчет показателя СЭколЭф должен по возможности учитывать оба фактора.

3. Социальный эффект предполагается оценивать с помощью такого показателя, как «Количество новых компаний/бизнесов в регионе от действия промышленного симбиоза» в штуках. Анализ практических примеров реализации ПС показал, что в случае успешного теста по использованию одного продукта вторичной переработки в качестве ресурса на другом производстве для масштабирования процесса используются такие инструменты, как открытие новой компании или диверсификация бизнеса действующих организаций. Так или иначе, оба этих инструмента ведут к созданию новых рабочих мест, что является положительным социальным эффектом для региона. Для оценки социального эффекта от новой модели ПС достаточно не разделять данные инструменты и считать их тождественными. Выбор показателя «Количество

новых компаний/бизнесов в регионе от действия промышленного симбиоза» для дальнейшего анализа связан с возможностью сбора первичных данных из открытых источников. Сбор исходной информации по «Количеству создаваемых рабочих мест в регионе (шт.) от действия ПС» во всех рассматриваемых регионах требует дополнительных для автора исследования ресурсов (Япония, Китай).

4. Инновационный эффект предполагается оценивать с помощью такого показателя, как «Доля инновационно активных компаний-участников ПС», измеряемый в процентах. При анализе практических примеров промышленного симбиоза использовались такие факторы, как «Количество новых решений/технологий за счет совместных НИОКР по теме ПС» и «Количество новых продуктов». В то же время оба фактора являются в определенном смысле производными предлагаемого показателя: чем больше доля предприятий, которые целенаправленно исследуют варианты повторного использования продуктов вторичной переработки в других производствах, тем больше решений / технологий / конечных товаров будет сгенерировано. Также показатель «Доля инновационно активных предприятий» широко используется при анализе инновационной деятельности в разных странах [33], что было раскрыто в п. 1.3. Показатель «Количество патентов (шт.)» не был применен автором в связи с необходимостью дополнительных для автора исследования ресурсов для сбора первичной информации по всем рассматриваемым симбиозам. В частности, в открытых источниках информации по патентам, связанным с Kalundborg Symbiosis, не было обнаружено. Тем самым, предлагаемая методика позволяет дополнительно оценить влияние ПС на инновационную активность компаний путем сопоставления с аналогичными показателями других исследований. Для оценки результативности новой модели формирования промышленного симбиоза воспользуемся показателями рассмотренных практических примеров промышленных симбиотических цепочек (таблица 26). При моделировании эффектов автор использует средние и относительные показатели согласно разработанной ранее системы показателей для оценки ПС.

Таблица 26 – Количественные показатели исследованных примеров ПС

Показатель	Центр Kalundborg Symbiosis	Промышленный симбиоз в Стенунгсунде	Промышленный симбиоз Эко-города Кавасаки	Агропромышленный кооператив Детва	Промышленный симбиоз в Юнчэне	Симбиотическая сеть в Новосибирске	Проект «Северная креветка»	Проект «Балтийский промышленный симбиоз»
Общая информация								
Год начала ПС	1959	1965	1997	1998	2013	2006	2018	2019
Срок формирования ПС (лет)	65	59	27	26	11	18	4	3
Количественные параметры ПС, влияющие на итоговые эффекты от ПС								
Количество лидеров в ПС (шт.)	1	1	1	1	1	1	1	1
Участники в ПС (шт.)	18	8	7	3	13	4	6	15
Сферы деятельности участников в ПС (шт.)	9	3	5	3	11	6	5	7
Продукты в ПС (шт.)	21	6	12	5	16	4	7	19
Количественные параметры согласно предложенной методике оценки эффектов от ПС (параграф 3.2 настоящего исследования)								
Ежегодный совокупный экономический эффект (Ежегодный СЭконЭф, млн долл. США)	~15	~9	~130	~5	~140	~0,5	~0,1	~0,2
Ежегодный совокупный экологический эффект (Ежегодный СЭколЭф, тыс. т)	~1 200	~300	~1 100	~100	~1 154	~3	~0,15	~0,7
Количество новых компаний/бизнесов в регионе (шт.)	8	1	5	1	4	1	1	3
Доля инновационно активных компаний-участников ПС (%)	83%	88%	86%	67%	77%	50%	100%	73%
Для дальнейшего сопоставления								
Уровень инновационной активности в стране (% от всех компаний в стране)	58%	57%	53%	40%	54%	24%	24%	24%

Составлено автором на основании [112; 113; 114; 115; 124; 138; 139; 143; 146; 147; 159; 160; 167]

На основе данных исследованных примеров промышленных симбиозов, приведенных в таблице 26, определим средние арифметические значения по ключевым количественным показателям ПС согласно формуле 3.

$$\overline{X}_{\text{показателя}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3)$$

$\overline{X}_{\text{показателя}}$ – среднее значение для показателей «Количество лидеров ПС», «Участники ПС», «Сферы деятельности участников в ПС», «Продукты в ПС», «Ежегодный совокупный экономический эффект», «Ежегодный совокупный экологический эффект», «Количество новых компаний/ бизнесов в регионе», «Доля инновационно активных компаний-участников ПС (%)».

$\sum_{i=1}^n x_i$ – зафиксированные значения показателей «Количество лидеров ПС», «Участники ПС», «Сферы деятельности участников в ПС», «Продукты в ПС», «Ежегодный совокупный экономический эффект», «Ежегодный совокупный экологический эффект», «Количество новых компаний/ бизнесов в регионе», «Доля инновационно активных компаний-участников ПС (%)» по исследованным ПС, приведенные в таблице 26.

n – количество ПС, принимаемые для расчета.

При этом оценку $\overline{X}_{\text{показателя}}$ для большей точности итоговой оценки произведем в двух вариантах:

1. Оценка ключевых количественных показателей промышленных симбиозов («Количество лидеров ПС», «Участники ПС», «Сферы деятельности участников в ПС», «Продукты в ПС», «Ежегодный совокупный экономический эффект», «Ежегодный совокупный экологический эффект», «Количество новых компаний/бизнесов в регионе», «Доля инновационно активных компаний-участников ПС (%)» на основе всех данных рассмотренных восьми ПС из таблицы 26 (другими словами, полноценная выборка).

2. Оценка ключевых количественных показателей промышленных симбиозов («Количество лидеров ПС», «Участники ПС», «Сферы деятельности

участников в ПС», «Продукты в ПС», «Ежегодный совокупный экономический эффект», «Ежегодный совокупный экологический эффект», «Количество новых компаний/бизнесов в регионе», «Доля инновационно активных компаний-участников ПС (%)» при исключении аномальных значений (аномальные высокие и низкие значения выделены красным цветом в табл. 29, например, «Ежегодный совокупный экономический эффект» в 130 млн долл. для Эко-города Кавасаки и в 140 млн долл. для ПС в Юнчэне, а также «Ежегодный совокупный экологический эффект» в 1 200 тыс. т для Kalundborg Symbiosis принимаются как аномально высокие).

Как промежуточный результат, в таблице 27 приведены две оценки средних ключевых количественных показателей ПС согласно формуле 3: на основе полноценной выборки и при исключении чрезвычайно высоких/низких значений.

Таблица 27 – Средние значения показателей практических примеров ПС

Показатель	Среднее значение (полноценная выборка)	Среднее значение (без учета аномалий)
Среднестатистический ПС		
$\bar{X}$ Количество лидеров в ПС (шт.)	1	1
$\bar{X}$ Участники ПС (шт.)	9,25	9,25
$\bar{X}$ Сферы деятельности участников ПС (шт.)	6,13	6,13
$\bar{X}$ Продукты в ПС (шт.)	11,25	11,25
Количественные параметры эффектов от реализации среднестатистического ПС		
Ежегодный совокупный экономический эффект (Ежегодный СЭконЭф, млн долл. США)	~37,48	~4,97
Ежегодный совокупный экологический эффект (Ежегодный СЭколЭф, тыс. т)	~482,21	~442,92
Количество новых компаний/бизнесов в регионе (шт.)	3,00	2,00
$\bar{X}$ Доля инновационно активных компаний в ПС (%)	78%	75%

Источник: составлено автором

Согласно данным в таблицы 27, одна организация-лидер в целом способна сформировать ПС, в котором на постоянной основе девять организаций обмениваются продуктами вторичной переработки. Данные организации покрывают шесть сфер / направлений деятельности. При этом в таком симбиозе обмениваются и/или производятся одиннадцать продуктов. За счет деятельности такого ПС создается 2–3 новые компании/бизнеса в регионе. Ежегодный экономический эффект от реализации промышленных симбиотических цепочек может достигать 4,97–37,48 млн долл. США, а экологический эффект – 442,92–482,21 тыс. т.

С учетом того, что максимальное число участников симбиоза среди изученных практических примеров составляет 18 организаций (пример Центра Kalundborg Symbiosis в Дании), предположим, что функция лидерства по организации ПС по предлагаемой модели будет распределена среди трех организаций. Тогда такому объединению возможно привлечь к симбиозу 21 компанию-участник (как указано выше в табл. 26, один лидер среднестатистического симбиоза способен привлечь до девяти организаций, в наших расчетах будем использовать меньшее значений – до семи организаций за счет одного лидера). При большем количестве лидеров высока вероятность падения полезности их усилий по привлечению новых участников к симбиотическим обменам ресурсами [28].

Для итогового моделирования результативности предложенной модели дополнительно рассчитаем относительные показатели по формулам 4 - 8 (таблица 28).

Таблица 28 – Формулы расчета относительных показателей для моделирования результативности модели формирования ПС

Показатель	Формула	№
Число сфер деятельности участников ПС на одного участника ПС (шт.)	$\frac{\bar{X}_{\text{Сферы деятельности в ПС}}}{\bar{X}_{\text{участники ПС}}}$	(4)
Число продуктов, которое создает один участник ПС (шт.)	$\frac{\bar{X}_{\text{Продукты ПС}}}{\bar{X}_{\text{участники ПС}}}$	(5)
Число новых компаний в регионе из-за ПС за счет одного продукта в ПС (шт.)	$\frac{\bar{X}_{\text{Новых компаний в регионе из-за ПС}}}{\bar{X}_{\text{Продукты ПС}}}$	(6)
Ежегодный СЭконЭф от ПС за счет одного продукта в ПС (млн долл. США / шт.)	$\frac{\bar{X}_{\text{Ежегодный СЭконЭф от ПС}}}{\bar{X}_{\text{Продукты ПС}}}$	(7)
Ежегодный СЭколЭф от ПС за счет одного продукта в ПС (млн долл. США / шт.)	$\frac{\bar{X}_{\text{Ежегодный СЭколЭф от ПС}}}{\bar{X}_{\text{Продукты ПС}}}$	(8)

Источник: составлено автором

Результаты расчетов относительных показателей по формулам 4 - 8 приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Значения относительных показателей для оценки результативности новой модели формирования ПС

Относительный показатель	Относительное значение (на базе полноценной выборки)	Относительное значение (на базе выборки без учета аномалий)
Число продуктов, которое создает один участник ПС (шт.)	1,22	1,22
Число сфер деятельности участников ПС на одного участника ПС (шт.)	0,66	0,66
Число новых компаний в регионе из-за ПС за счет одного продукта в ПС (шт.)	0,32	0,32
Ежегодный СЭконЭф от ПС за счет одного продукта в ПС (млн долл. США)	~3,33	~0,44
Ежегодный СЭколЭф от ПС за счет одного продукта в ПС (млн долл. США)	~39,37	~42,86

Источник: составлено автором

Итоговые значения достижимых эффектов от реализации ПС при распределенном лидерстве (три лидера) рассчитаем по формулам 9 - 13 (таблица 30).

Таблица 30 – Формулы расчета значений достижимых эффектов от реализации ПС по определенной модели

Показатель	Формула	№
Общий количественный параметр ПС: Продукты ПС (шт.)	Число продуктов, которое создает один участник ПС * Участники ПС	(9)
Общий количественный параметр ПС: Сферы деятельности ПС (шт.)	Число сфер деятельности участников ПС на одного участника ПС * Участники ПС	(10)
Эффект от ПС: Ежегодный СЭконЭф (млн долл. США)	Ежегодный СЭконЭф от ПС за счет одного продукта в ПС * Продукты ПС	(11)
Эффект от ПС: Ежегодный СЭЛонЭф (тыс. т)	Ежегодный СЭколЭф от ПС за счет одного продукта в ПС * Продукты ПС	(12)
Эффект от ПС: Количество новых компаний/бизнесов (шт.)	Число новых компаний в регионе из-за ПС за счет одного продукта в ПС * Продукты ПС	(13)

Источник: составлено автором

Полученные итоговые значения эффектов от реализации ПС, рассчитанные по формулам 9 - 13, для предложенной модели формирования ПС приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Значения достижимых эффектов от реализации ПС согласно предложенной модели

Показатель	Среднее значение (полноценная выборка)	Среднее значение (без учета аномалий)
Общие количественные параметры ПС		
Количество лидеров (шт.)	3	3
Участники ПС (шт.)	21	21
Сферы деятельности (шт.)	13,91	13,91
Продукты в ПС (шт.)	25,54	25,54
Эффекты от ПС		
Ежегодный СЭконЭф (млн долл. США)	~85,08	~11,28
Ежегодный СЭколЭф (тыс. т)	~931,54	~1 005,56
Количество новых компаний/бизнесов (шт.)	6,81	6,67
Доля инновационно активных компаний-участников ПС (%)	78%	75%

Источник: составлено автором

В случае развития ПС при распределении функций лидера среди трех организаций возможно сформировать ПС, состоящий из 21 участника, покрывающие 13 сфер / направлений деятельности, обменивающие или производящие 25 ресурсов / конечных продуктов. В таком симбиозе возможно создание 6 новых компаний / бизнесов. Ежегодный СЭконЭф такого объединения может достигать 11,28–85,08 млн долл. США, а СЭколЭф – 931,54–1 005,56 тыс. т.

Отдельно отметим инновационный потенциал предложенной модели. Средний уровень инновационной активности в странах, где реализуются рассмотренные примеры ПС, составляет порядка 48% (таблица 32).

Таблица 32 – Средние значения инновационных показателей практических примеров ПС

Показатель	Среднее значение (полноценная выборка)	Среднее значение (без учета аномалий)
Участники ПС (шт.)	9,25	9,25
Доля участников ПС, занимающиеся инновациями (%)	78%	75%
Участники ПС, занимающиеся инновациями (шт.)	7,22	6,94
Средний уровень инновационной активности в странах, где реализуются примеры ПС (% от всех компаний в стране)	48%	48%

Источник: составлено автором

Доля предприятий, которые участвуют в действующих рассмотренных ПС и занимаются инновационной деятельностью, составляет в среднем 75–78%. В целом данное значение выше примерно на 25% в сравнении со средним уровнем данного показателя в рассматриваемых странах (48%). Для более точной оценки влияния предложенной модели формирования ПС на инновационную активность предприятий используем нижний предел (75%). К ПС, при формировании которого функция лидерства распределена среди трех организаций, возможно привлечь 21 участник. В результате число компаний,

которые в таком объединении занимаются инновациями, может составить не менее 14 участников (67%).

Автором предложена модель формирования ПС при распределении функции лидерства (среди коммерческих и некоммерческих организаций, участвующие и не участвующие в обменах продуктами вторичной переработки). При этом основными условиями для внедрения предложенной модели в РФ являются:

1. Наделение нескольких предприятий и/или организаций функцией лидерства, которые могут «локально» развивать промышленный симбиоз с определенной степенью свободы для создания нескольких точек роста промышленных симбиотических цепочек для максимизации вероятности формирования успешных и устойчивых обменов и минимизации рисков.

2. Поддержка государства на первоначальных этапах развития промышленного симбиоза (например, субсидирование инфраструктуры, в частности строительство мусороперерабатывающего завода, как в г. Кавасаки).

3. Наличие критической массы участников, расположенных в относительной близости друг относительно друга.

4. Высокий уровень доверия и прозрачности, способствующий обмену операционными данными и технологическими рисками между действующими и потенциальными участниками ПС.

5. Выявление инициативных лидеров «на местах», другими словами, «агенты изменений» в каждой компании-участнике, способные принимать решения без дополнительных согласований.

Ограничения, которые необходимо решить для внедрения предложенной модели в РФ (в том числе, силами или при поддержке лидеров по развитию ПС) являются:

1. Недостаточное распространение концепции распределенного лидерства среди российских компаний.

2. Нормативно-правовые особенности, требующие дополнительных затрат для согласования обмена ресурсами (в частности, передача или транспортировка некоторых побочных продуктов требует дополнительных лицензий).

3. Общее стремление российских предприятий не раскрывать коммерческую информацию.

4. Инфраструктурные особенности, связанные с относительно высокой стоимостью логистики.

При решении указанных задач промышленный симбиоз, сформированный при распределенном лидерстве среди трех организаций, способен сформировать ежегодный экономический эффект в размере 11,28–85,08 млн долл. США и повысить долю предприятий в регионе, занимающихся инновационной деятельностью (потенциальная доля инновационно активных предприятий-участников ПС по предложенной модели 67%, что выше, чем в среднем по рассмотренным странам – 49% и в России – 24%). Проведённые оценки показывают, что предложенная автором модель формирования ПС обладает возможностью достижения существенных экономических и инновационных результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инновационная деятельность остается одним из ключевых факторов экономического роста, повышения производительности труда и обеспечения долгосрочной конкурентоспособности экономик мира. Внедрение новых технологий оптимизирует использование трудовых, сырьевых и энергетических ресурсов, снижая затраты на производство. Компании и государства, активно применяющие инновации, успешнее адаптируются к изменениям рынка и занимают лидирующие позиции. За счет инновационной деятельности возможен переход от сырьевой или базовой индустриальной модели к экономике знаний, где преобладают высокотехнологичные отрасли и сфера услуг. Появление новых наукоемких секторов формирует спрос на высококвалифицированных специалистов и стимулирует развитие смежных областей. В процессе исследования получены следующие результаты.

Предложен новый методический подход по организации и управлению инновационной деятельностью предприятия за счет рассмотрения ранее не учитываемых факторов: институты поддержки (роль и вклад фасилитаторов и регуляторов) и экологический компонент (управление продуктами вторичной переработки). В отличие от традиционных подходов, ограниченных анализом макросреды, внутренних инструментов компаний, прямой оценкой эффектов, был сформирован целостный подход к развитию и внедрению инноваций в современных экономических условиях. Автором разработан динамический подход к классификации и ролевому распределению субъектов инновационной системы, доказана нелинейность функций участников (инноваторов, фасилитаторов, регуляторов) и обоснована возможность совмещения функций (например, НИОКР-аутсорсинг в научно-исследовательских организациях). Предложенные автором решения расширяют количество факторов, влияющих на ведение и развитие инновационной деятельности предприятиями. Исследование текущей ситуации инновационной активности предприятий в России позволило

определить возможности ее увеличения за счет большего распространения экологических инноваций и расширения кооперационных связей.

Развиты положения концепции промышленного симбиоза, согласно которым предлагается акцентировать внимание на его полифункциональной природе и вкладе в экономическое и инновационное развитие регионов, на территории которых он функционирует, в отличие от существующих подходов, где настоящая концепция рассматривается преимущественно как инструмент экологического менеджмента.

Промышленный симбиоз определен автором как способ активизации инновационной деятельности предприятий и одновременно инструментом циркулярной экономики (снижение негативного экологического следа при сохранении нацеленности на экономический рост) и механизмом снижения операционных затрат и рисков при проведении НИОКР и внедрении инноваций, формирующим экономические, социальные, экологические и инновационные эффекты как на уровне отдельного субъекта хозяйственной деятельности, так и региона в целом.

Разработан типологический подход к формированию моделей промышленного симбиоза с учетом фактора лидерства. Автором доказано критическое влияние субъектности лидера (коммерческая / некоммерческая организация) на результативность промышленных симбиотических связей, что позволяет дифференцировать инструменты управления ими. Использование данной классификации способствует повышению эффективности использования ключевых ресурсов, используемые отдельными субъектами хозяйствования на отдельных этапах симбиотических цепочек.

Предложена и обоснована авторская модель формирования промышленных симбиотических цепочек с применением принципов распределенного лидерства. Автором разработана модель формирования промышленного симбиоза на базе динамического распределения управленческих функций между участниками промышленного симбиоза (как

коммерческими, так и некоммерческими организациями). Автором доказана возможность обеспечения кумулятивного и взаимосвязанного характера экологических и экономических эффектов, а также минимизации институциональных и операционных ограничений развития промышленного симбиоза за счет авторской моделью.

Разработана многокритериальная система показателей для оценки промышленных симбиозов и применена для определения ее результативности новой авторской модели формирования промышленного симбиоза. Автором определены четыре базовые детерминанты архитектуры ПС (масштаб; отраслевая диверсификация; технологическая разнообразность; структура управления). Автором доказана зависимость итоговых экологических, социальных, экономических и инновационных эффектов от плотности и количества сформированных симбиотических цепочек. Разработанная методика оценки применена для определения результативности новой модели формирования промышленного симбиоза. Автором доказана, что предложенная модель на базе принципов распределенного лидерства позволяет формировать симбиотические цепочки с экономическими, социальными, экологическими и инновационными эффектами на регионы действия симбиозов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года : Распоряжение Правительства РФ от 20.05.2023 № 1315-р (ред. от 21.10.2024) // КонсультантПлюс : [сайт]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_447895/f62ee45faefd8e2a1d6d88941ac66824f848bc2/ (дата обращения: 14.08.2026).

2. Об утверждении методики расчета показателя «Уровень инновационной активности организаций»: Приказ Федеральной службы государственной статистики от 27.12.2019 № 818. // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. — URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/pr788_12866_12882.pdf (дата обращения: 12.01.2026).

3. Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается: Распоряжение Правительства РФ от 25 июля 2017 г. № 1589-р. — Текст: электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. — URL: <http://pravo.gov.ru> (дата обращения: 12.09.2026).

4. О науке и государственной научно-технической политике : Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_11507/ (дата обращения: 14.08.2026).

5. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642. — Текст: электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201612010007> (дата обращения: 12.09.2026).

6. Аврора, М. Р. Экологическая экономика и экономика окружающей среды: генезис, соотношение и проблемы / М. Р. Аврора. — Текст: непосредственный // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. — 2018. — № 1 (109). — С. 161–166.
7. Алабаева, Н. С. Принципы экономики замкнутого цикла в СССР / Н. С. Алабаева, С. В. Велицкая, О. С. Малахова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2019. — № 6-1. — С. 11–15.
8. Алексеев, А. А. Роль малые научно-сервисные компаний как нового субъекта инновационные экосистем / А. А. Алексеев // Проблемы прогнозирования. — 2024. — № 4(205). — С. 179-190. — DOI 10.47711/0868-6351-205-179-190.
9. Алексеев, А. Н. Инновационная деятельность: организация системы контроля / А.Н. Алексеев, Т.В. Алексашина // Вестник АКСОР. — 2015. — №. 3. — С. 117-120.
10. Алклычев, А. М. Межфирменная кооперация: теория и практика междисциплинарного подхода / А. М. Алклычев, Б. А. Шогенов, З. Р. Бакаева // Региональные проблемы преобразования экономики. — 2019. — № 12 (110). — С. 295–301.
11. Амелина, К. Е. Университеты как участники инновационной деятельности / К. Е. Амелина // Наука и бизнес: пути развития. — 2016. — №. 12 (66). — С. 7-11.
12. Афанасьев, М. Мировая конкуренция и кластеризация экономики / М. Афанасьев, Л. Мясникова // Вопросы экономики. — 2005. — № 4. — С. 75–81.
13. Багавеева, А. Р. Влияние кооперации на развитие инновационной деятельности в кластерах / А.Р. Багавеева // Вестник экономики, права и социологии. — 2021. — Т. 2. — №. 4. — С. 12-14.
14. Барсегян, Н. В. Роль природоподобных технологий в реализации устойчивого развития промышленных систем / Н. В. Барсегян, А. И. Шинкевич,

Ф. Ф. Галимулина // Экономика промышленности. – 2025. – Т. 18, № 4. – С. 486-498. – DOI 10.17073/2072-1633-2025-4-1530.

15. Белова, Е.Г. Циркулярная экономика и промышленный симбиоз улучшает благосостояние и сохраняют планету / Е.Г. Белова, Л.В. Хорева // Петербург предлагает. - 2019. - № 3. - С. 25-27.

16. Белых, А. Л. Модели формирования промышленного симбиоза / А. Л. Белых // Управление. — 2023. — Т. 11, № 1. — С. 51–63.

17. Белых, А. Л. Промышленный симбиоз в системе межфирменной кооперации: лучшие практики / А. Л. Белых // Инновации. — 2020. — № 5 (259). — С. 60–67.

18. Беляев, В. И. Развитие теории межфирменной кооперации и практики формирования цепочек добавленной ценности / В. И. Беляев, Н. В. Брюханова, М. М. Бутакова, О. А. Горянинская // Сибирская финансовая школа. — 2019. — № 3 (134). — С. 73–84

19. Бондаренко, Н. Е. Межфирменная кооперация как фактор инновационного развития / Н. Е. Бондаренко // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. — 2016. — № 6 (90). — С. 13–24.

20. Борисоглебская, Л. Н. Моделирование инновационной деятельности организации / Л. Н. Борисоглебская, С. Н. Волкова, А. В. Шлеенко // Известия Курского государственного технического университета. – 2009. – №. 4. – С. 86-90.

21. Блам, И. Ю. Эволюция территориальных эколого-экономических объединений: промышленный симбиоз / И. Ю. Блам, К. Борсекова, К. Петрикова // Регион: экономика и социология. — 2014. — № 2. — С. 185–200.

22. Бурцева, Т. А. Результативность создания индустриальных парков в регионах России / Т. А. Бурцева, А. А. Савельев // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. — 2017. — № 1–2 (49). — Ст. 4913.

23. Бусыгин, К. Д. Особенности развития кооперации / К. Д. Бусыгин // Современные модели развития. — 2015. — № 9. — С. 87–100.
24. Волкова, В. Н. Модели для управления инновационной деятельностью промышленного предприятия / В. Н. Волкова, А. С. Кудрявцева // Открытое образование. — 2018. — Т. 22. — №. 4. — С. 64-73.
25. Геворкян, Е. Н. Распределенное лидерство как инструмент повышения эффективности деятельности учебного подразделения университета / Е. Н. Геворкян, А. И. Савенков // Педагогика. — 2020. — Т. 84, № 10. — С. 5–16.
26. Голованова, С. В. Межфирменная кооперация: анализ развития кластеров в России / С. В. Голованова, С. Б. Авдашева, С. М. Кадочников // Российский журнал менеджмента. — 2010. — Т. 8, № 1. — С. 41–66.
27. Грибанов, Д. В. Инновации и модернизация в жизни, экономике и праве: понятийный аппарат / Д.В. Грибанов // Бизнес, менеджмент и право. — 2012. №. 1. — С. 46-51.
28. Гудиев, А. В. Распределенное лидерство. «Вертикаль власти» сменяется «Горизонталью» влияния / А. В. Гудиев // Человеческий капитал. — 2022. — № 11 (167). — С. 93–103.
29. Дроздова, Н. В. Территориально-производственные комплексы и региональные кластеры: преемственность и перспективы развития / Н.В. Дроздова // Ярославский педагогический вестник. — 2011. — Т. 1. — №. 3. — С. 125-129.
30. Ерыгина, Л. В. Субъекты инновационной деятельности / Л. В. Ерыгина, К. В. Орлова // Сибирский аэрокосмический журнал. — 2016. — Т. 17. — №. 4. — С. 1113 – 1118.
31. Замятина, М. Ф. ESG-факторы в стратегиях компаний и регионов России и их роль в региональном инновационном развитии / М. Ф. Замятина, С.В. Тишков // Вопросы инновационной экономики. — 2022. — Т. 12, № 1. — С. 501-518. — DOI 10.18334/vines.12.1.114369.

32. Зельцер, И. М. Интеграция участников инновационной деятельности в формате кластера: модель и механизм / И.М. Зельцер, А.А. Соболев, В.И. Соловьев //Инновации в жизнь. – 2014. – №. 3. – С. 39-51.
33. Индикаторы инновационной деятельности: 2026: статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева [и др.]; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». — Москва: НИУ ВШЭ, 2025. — 216 с.
34. Катькало, В. С. Эволюция теории стратегического управления : монография / В. С. Катькало ; С.-Петербург. гос. ун-т, Факультет менеджмента. — Санкт-Петербург : Издат. дом С.-Петерб. гос. ун-та, 2006. — 548 с.
35. Кириякова, Н. И. Функциональные экономические системы как формы адаптации экономики в институциональной среде / Н. И. Кириякова // Проблемы современной науки и образования. — 2016. — № 29 (71). — С. 25–29.
36. Коокуева, В. В. Роль фонда содействия инновациям в реализации государственной инновационной политики / В.В. Коокуева //Экономика и предпринимательство. – 2021. – №. 2. – С. 326-332.
37. Кострова, Ю. Б. Модель управления инновационной деятельностью компании: стратегический подход / Ю. Б. Кострова, О. Ю. Шибаршина //Вестник Московского университета имени СЮ Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2020. – №. 2 (33). – С. 29-37.
38. Кощеев, В. А. Формирование механизма реализации государственного регулирования инновационной деятельности в строительстве / В.А. Кощеев, Ю.А. Цветков, А. В. Крянев //Теоретическая экономика. – 2021. – №. 5 (77). – С. 103-109.
39. Кравцова, Е. Н. Инновационная деятельность предприятия / Е. Н. Кравцова, В. П. Воронин // Креативная экономика. – 2008. – №. 6. – С. 3-8.
40. Мамлеева, Э. Р. Государственное регулирование инновационной деятельности / Э. Р. Мамлеева //Вестник евразийской науки. – 2016. – Т. 8. – №. 3 (34). – С. 52.

41. Маркс, К. Сочинения / К. Маркс, Ф. Энгельс. — 2-е изд. — Москва: Государственное издательство политической литературы, 1960. — Т. 23. — С. 337.
42. Матковская, Я. С. Инновационные экосистемы: исследование корпоративных инновационных экосистем и перспективы формирования межкорпоративных экосистем в России / Я.С. Матковская // Стратегические решения и риск-менеджмент. — 2024. — Т. 14. — №. 4. — С. 352-367.
43. Миролубова, Т. В., Региональный промышленный кластер: характерные свойства и виды / Т. В. Миролубова, А. Г. Афонина // iPolytech Journal. — 2012. — №. 5 (64). — С. 224-229.
44. Миронова, Д. Ю. Концепция промышленного симбиоза: опыт применения в различных странах и перспективы реализации в России на примере Псковской области / Д. Ю. Миронова, И. В. Тимахович, Е. Е. Помазкова, Ю. В. Жаркова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». — 2022. — № 2. — С. 129–141.
45. Мостовая, Д. А. Неформальные коммуникации в организации: теоретические основы и методологические установки / Д. А. Мостовая // Вестник государственного и муниципального управления. — 2014. — № 4 (15). — С. 29–35.
46. Мочалова, Л. А. Циркулярная экономика в контексте реализации концепции устойчивого развития / Л. А. Мочалова // Journal of new economy. — 2020. — Т. 21. — №. 4. — С. 5-27.
47. Окрепилов, В. В. Роль экономики качества в устойчивости инновационного развития / В. В. Окрепилов // Проблемы преобразования и регулирования региональных социально-экономических систем: сборник научных трудов / Институт проблем региональной экономики РАН. — Санкт-Петербург: ГУАП, 2022. — Вып. 50. — С. 113–124.
48. Омельченко, И. Н. Роль межфирменного взаимодействия при реализации концепции открытых инноваций / И. Н. Омельченко, Д. Г. Ляхович,

Е. Н. Горлачева // Наука и образование : научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2010. — № 12. — С. 1.

49. Пахомова, Н.В. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития / Н.В. Пахомова, К.К. Рихтер, М.А. Ветрова // Вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 5. Экономика. - 2017. -Выпуск 2. - С. 244-269.

50. Плещенко, В. И. К вопросу об общественно-исторической практике развития межфирменной координации предприятий и создания деловых сетей в промышленности СССР / В. И. Плещенко // Экономика в промышленности. — 2015. — № 3. — С. 34–40.

51. Попов, Е. В. Экономические модели инновационной деятельности на базе цифровых платформ / Е. В. Попов, В. Л. Симонова, А. Д. Тихонова //Мир новой экономики. – 2023. – Т. 17. – №. 2. – С. 6-17.

52. Посысаев, Ю. Ю. Концептуальные черты современной межфирменной производственной кооперации / Ю. Ю. Посысаев, Ю. В. Пискулов, Ю. А. Савинов // Российский внешнеэкономический вестник. — 2014. — № 11. — С. 42–59.

53. Преображенский, Б. Г. Промышленный симбиоз как инструмент циркулярной экономики / Б. Г. Преображенский, Т. О. Толстых, Н. В. Шмелева // Регион: системы, экономика, управление. — 2020. — № 4 (51). — С. 37–48.

54. Пшеничников, С.В. Инновационная деятельность и её структура / С.В. Пшеничников // Вестник ОмГУ. Серия: Экономика. – 2010. – №2. – С. 119-122.

55. Ратнер, С. В. Циркулярная экономика: теоретические основы и практические приложения в области региональной экономики и управления / С. В. Ратнер // Инновации. — 2018. — № 9 (239). — С. 2–10.

56. Родионов, Д. Г. Разработка модели адаптивного управления инновационной деятельностью предприятия / Д.Г. Родионов, О.С. Надежина, Д. С. Титаренко //Глобальный научный потенциал. – 2016. – №. 9. – С. 84-92.

57. Смит, А. Исследование о природе и причинах богатства народов / А. Смит. — Москва : Эксмо, 2016. — 1056 с.
58. Сошенко, И. И. Междисциплинарный характер понятия «Инновации» / И.И. Сошенко // Вестник Томского государственного педагогического университета. — 2013. — №. 13 (141). — С. 136-142.
59. Степаненко, Д. М. Инновационный процесс и инновационная деятельность: понятие, сущность, характеристики / Д. М. Степаненко // Проблемы современной экономики. — 2009. — №. 4. — С. 36-40.
60. Степанова, Е. С. Партнерство и обмен опытом при межфирменной кооперации: возможности для повышения конкурентоспособности национальной экономики (на примере сектора ИКТ) / Е. С. Степанова // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. — 2019. — № 4 (118). — С. 110–114.
61. Текутьев, И. В. Организационно-экономическое обоснование межфирменной кооперации в рамках стратегических альянсов промышленных предприятий / И. В. Текутьев // Современные аспекты экономики. — 2011. — № 9 (169). — С. 81–86.
62. Титов, В. В., Промышленный кластер как основа платформы оптимизации стратегического управления развитием высокотехнологичного бизнеса / В.В. Титов, Д.А. Безмельницын // *π-Economy*. — 2018. — Т. 11. — №. 4. — С. 230-241.
63. Титов, Л. Ю. Сетевая модель инновационной деятельности и инновационный экономический рост / Л. Ю. Титов // Финансы и кредит. — 2009. — №. 25 (361). — С. 54-60.
64. Трофимова, Н. Н. Цифровая трансформация и инновационное развитие предприятия в контексте формирования устойчивых бизнес стратегий / Н. Н. Трофимова // Вестник Академии. — 2025. — № 2. — С. 58-66.
65. Тырышкина, А. А. Движение к современной экономике: инновационный центр «Сколково» как проект инновационной экономики

России / А.А. Тырышкина //Трансформация национальной социально-экономической системы России. – 2023. – С. 198-202.

66. Хорева, Л. В. Устойчивое развитие и корпоративная социальная ответственность: новые акценты / Л. В. Хорева // Реализация целей устойчивого развития: европейский и российский опыт : сборник научных статей по материалам конференции, Санкт-Петербург, 26–27 февраля 2019 года / под ред. Е.В. Викторовой. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2019. – С. 175-183

67. Шумпетер, Й.А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / Й.А. Шумпетер, - М.: Эксмо. – 2008. 864 с.

68. Яголковский, С. Р. Психология инноваций: подходы, модели, процессы / С. Р. Яголковский // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». - М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 270 с.

69. Балтийский промышленный симбиоз // Tyreman Group: официальный сайт — URL: <https://tyreman.ru/bis> (дата обращения: 12.09.2026).

70. Годовой отчет МКПАО «ОК РУСАЛ» за 2023 год // ОК РУСАЛ: официальный сайт. — 2024. — URL: https://rusal.ru/upload/iblock/a24/3obdigf1a9w9rbkhoavc65h2d494wdnp/Rusal_Annual_Report_2023_RU.pdf (дата обращения: 12.09.2026).

71. Годовой отчет ПАО «ГМК «Норильский никель» за 2023 год // ПАО «ГМК «Норильский никель»: официальный сайт. — 2024. — URL: https://ar2023.nornickel.ru/download/full-reports/ar_ru_annual-report_pages_nornickel_2023.pdf (дата обращения: 12.09.2026).

72. Годовые отчеты АО «МКХ «ЕвроХим» // АО «МКХ «ЕвроХим»: официальный сайт. — URL: <https://mcc.eurochem.ru/ru/annual-reports/> (дата обращения: 12.09.2026).

73. Годовой отчет ПАО «Северсталь» за 2024 год // ПАО «Северсталь»: официальный сайт. — 2025. — URL: <https://severstal.com/rus/ir/indicators-reporting/annual-reports/> (дата обращения: 12.09.2026).

74. Горлачева, Е. Н. Роль межфирменного взаимодействия в формировании инновационных сетей / Е. Н. Горлачева // Клуб субъектов инновационного развития : [сайт]. — 2011. — URL: http://innclub.info/wp-content/uploads/2011/04/%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BB%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%B2%D0%B0_6_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BA_%D0%B4.doc (дата обращения: 12.09.2026).

75. Интегрированный годовой отчет ПАО «Сибур Холдинг» за 2023 год // ПАО «Сибур Холдинг»: официальный сайт. — 2024. — URL: https://www.sibur.ru/ru/sustainability/social_report/ (дата обращения: 12.09.2026).

76. Интегрированный годовой отчет ПАО «ФосАгро» за 2023 год // ПАО «ФосАгро»: официальный сайт. — 2024. — URL: <https://ar2023.phosagro.ru> (дата обращения: 12.09.2026).

77. Наука, инновации и технологии. // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. — 2026. — URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 10.09.2026).

78. Новое исследование для повышения экологичности фармацевтической упаковки. // Фармпром : отраслевой информационный портал. — 2025. — URL: <https://pharmprom.ru/novoe-issledovanie-dlya-povysheniya-ekologichnosti-farmaceuticheskoy-upakovki/> (дата обращения: 08.02.2026).

79. Организация и контроль работ по обращению с отходами // ПАО «НК «Роснефть»: официальный сайт. — URL: https://www.rosneft.ru/Investors/ESG/Publichnie_pozicii/Sohranim_planetu_na_blag_o_nineshnego_i_budushhih_pokolenij_upravlenie_othodami_i_rekultivacija_v_PAO_NK_Rosneft/ (дата обращения: 12.09.2026).

80. Отчет о социальной деятельности Группы Газпром за 2023 год // ПАО «Газпром»: официальный сайт. — 2024. — URL: <https://sustainability.gazpromreport.ru/fileadmin/f/2023/gazprom-sustainability-report-ru-2023.pdf> (дата обращения: 12.09.2026).

81. Отчет об устойчивом развитии Группы «ЛУКОЙЛ» 2023 // ПАО «ЛУКОЙЛ»: официальный сайт. — 2024. — URL: <https://lukoil.ru/Sustainability/SustainabilityReport> (дата обращения: 12.09.2026).

82. Отчет об устойчивом развитии ПАО «НК «Роснефть» 2023 // ПАО «НК «Роснефть»: официальный сайт. — 2024. — URL: https://www.rosneft.ru/upload/site1/document_file/Rosneft_CSR_2023_RUS.pdf (дата обращения: 12.09.2026).

83. Отчет об устойчивом развитии АО «ОХК «Уралхим» за 2023 год // АО «ОХК «Уралхим»: официальный сайт. — 2024. — URL: <https://www.uralchem.ru/upload/iblock/d51/36nbkvxjwsyz2a2xqexz4afm3g3gn7j/UralchemESG2023rus.pdf> (дата обращения: 12.09.2026).

84. Отчет об устойчивом развитии ПАО «Северсталь» за 2024 год // ПАО «Северсталь»: официальный сайт. — 2025. — URL: <https://severstal.com/rus/ir/indicators-reporting/social-reports/> (дата обращения: 12.09.2026).

85. Политика Группы «Газпром» в области устойчивого развития // ПАО «Газпром»: официальный сайт. — 2022. — URL: <https://www.gazprom.ru/f/posts/60/091228/2022-04-28-sustainability-policy.pdf> (дата обращения: 12.09.2026).

86. Результаты в области устойчивого развития Группы компаний «Норильский никель» за 2023 год // ПАО «ГМК «Норильский никель»: официальный сайт. — 2024. — URL: <https://nornickel.ru/news-and-media/media-library/522/rezultaty-v-oblasti-ustoychivogo-razvitiya-gruppy-kompaniy-norilskiy-nikel-za-2023-god/> (дата обращения: 12.09.2026).

87. «Роснефть»: вклад в реализацию целей ООН в области устойчивого развития / ПАО «НК «Роснефть» // ПАО «НК «Роснефть»: официальный сайт. — 2024. — URL: https://www.rosneft.ru/upload/site1/attach/3/23/RN_UN_2024_RUS.pdf (дата обращения: 12.09.2026).

88. Российская электронная промышленность и контрактная разработка электроники в 2024 году. // Хабр: [сайт]. — 2024. — URL: <https://habr.com/ru/articles/838872/> (дата обращения: 08.02.2026).

89. Руководство Осло: рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. — 3-е изд. — Москва: ЦИСН, 2006. — 192 с. — (Совместная публикация ОЭСР и Евростата). — URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/ru/publications/reports/2005/11/oslo-manual_g1gh5dba/9785760201737-ru.pdf (дата обращения: 31.05.2026).

90. Руководство Осло: рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям / Организация экономического сотрудничества и развития, Статистическое бюро Европейского сообщества. — 3-е изд. — Москва: ОЭСР, 2010. — 106 с. — URL: https://mgimo.ru/upload/docs_6/ruk.oslo.pdf (дата обращения: 31.05.2026).

91. Сеть «Газпромнефть» открывает первые сверхбыстрые электрозарядные станции на АЗС в Ленинградской области. // Официальный сайт сети АЗС «Газпромнефть»: [сайт]. — 2025. — URL: <https://gpnbonus.ru/news/111> (дата обращения: 08.02.2025).

92. Стратегия ПАО «СИБУР Холдинг» в области устойчивого развития до 2025 года // ПАО «СИБУР Холдинг»: официальный сайт. — URL: <https://www.sibur.ru/upload/pdf/SIBUR%20Sustainability%20Strategy%202025%20rus.pdf> (дата обращения: 12.09.2026).

93. ЦЕХ 85 и Levvana запустили коллекцию косметики из кофейного жмыха // New Retail: сетевое издание. — 2025. — URL: https://new-retail.ru/novosti/retail/tsekh85_i_levvana_zapustili_kollektsiyu_kosmetiki_iz_kofeynogo_zhmykha8768/ (дата обращения: 12.09.2026).

94. Andersson, E. TSA II Stenungsund — Investigation of opportunities for implementation of proposed category A energy efficiency measures / E. Andersson, P.-Å. Franck // Göteborg: CIT Industriell Energi AB, – 2011. — 36 p.

95. Alblooshi, M. The relationship between leadership styles and organisational innovation: A systematic literature review and narrative synthesis / M. Alblooshi, M. Shamsuzzaman, S. Haridy // *European Journal of Innovation Management*. – 2021. – T. 24. – №. 2. – С. 338-370.
96. Appio, F. P. Digital transformation and innovation management: A synthesis of existing research and an agenda for future studies / F. P. Appio // *Journal of Product Innovation Management*. – 2021. – T. 38. – №. 1. – С. 4-20.
97. Baas, L. Planning and uncovering industrial symbiosis: Comparing the Rotterdam and Östergötland regions / L. Baas // *Business Strategy and the Environment*. — 2011. — Vol. 20, no. 7. — P. 428–440.
98. Barbier, E. B. The Sustainable Development Goals and the systems approach to sustainability / E. B. Barbier, J. C. Burgess // *Economics*. – 2017. – T. 11. – №. 1. – С. 1-24.
99. Boulding, K. E. The economics of the coming spaceship Earth / K. E. Boulding // *Environmental Quality in a Growing Economy* / H. Jarrett (ed.). — Baltimore: Johns Hopkins University Press. – 1966. — С. 3–15.
100. Branson, R. Re-constructing Kalundborg: the reality of bilateral symbiosis and other insights / R. Branson // *Journal of Cleaner Production*. — 2016. — Vol. 112. — P. 4344–4352.
101. Braungart, M. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things* / M. Braungart, W. McDonough. // North Point Press. – 2002. — С. 196.
102. Circular Economy: A Critical Literature Review of Concepts: White Paper / CIRAIГ. — Polytechnique Montréal, Canada, 2015. — 135 p. — URL: https://ciraig.org/wp-content/uploads/2020/05/CIRAIГ_Circular_Economy_Literature_Review_Oct2015.pdf (дата обращения: 31.05.2026).
103. Circular Economy Promotion Law of the People's Republic of China: (adopted at the 4th session of the Standing Committee of the 11th National People's Congress, Aug. 29, 2008, effective Jan. 1, 2009). // Ministry of Ecology and

Environment of the People's Republic of China: [site]. — 2009. — URL: https://english.mee.gov.cn/Resources/laws/envir_elatedlaws/201712/t20171212_427823.shtml (дата обращения: 31.05.2026).

104. Chen, X. Comprehensive evaluation of environmental and economic benefits of industrial symbiosis in industrial parks / X. Chen, Y. Geng, X. Zhang, F. Dong, T. Fujita // *Journal of Cleaner Production*. — 2022. — Vol. 354. — C. 1–12.

105. Chertow, M. R. Scholarship and practice in industrial symbiosis: 1989–2014 / M. R. Chertow, J. Park // *Taking stock of industrial ecology*. – Springer, Cham, 2016. – C. 87-116.

106. Chertow, M.R. Organizing Self-Organizing Systems / M. R. Chertow, J. Ehrenfeld // *Journal of Industrial Ecology*. — 2012. — Vol. 16. – № 1. — C. 13–27.

107. Chertow, M. R. “Uncovering” industrial symbiosis / M. R. Chertow // *Journal of Industrial Ecology*. — 2007. — Vol. 11, no. 1. — C. 11–30.

108. Chirumalla, K. Building digitally-enabled process innovation in the process industries: A dynamic capabilities approach / K. Chirumalla // *Technovation*. – 2021. – T. 105. – C. 1-24.

109. Cummings, L. L. Organizational innovation: A model and needed research / L. L. Cummings, M. J. O'Connell // *Journal of Business Research*. – 1978. – T. 6. – №. 1. – C. 33-50.

110. Cyert, R. Behavioral theory of the firm / R. Cyert, J. March // *Routledge*. – 2015. P. 2 – C. 60-77.

111. Da Silva, F. M. Innovation development process in small and medium technology-based companies / F. M. Da Silva, E. A. A. Q. Oliveira, M. B. de Moraes // *RAI revista de administração e inovação*. – 2016. – T. 13. – №. 3. – C. 176-189.

112. Dong, H. Achieving carbon emission reduction through industrial & urban symbiosis: A case of Kawasaki / H. Dong, S. Ohnishi, T. Fujita, Y. Geng, M. Fujii, L. Dong. — Text: direct // *Energy*. — 2014. — Vol. 64. — P. 277–286.

113. Dong, L. Environmental and economic gains of industrial symbiosis for Chinese iron/steel industry: Kawasaki’s experience and practice in Liuzhou and Jinan

/ L. Dong, H. Zhang, T. Fujita и др. // Journal of Cleaner Production. — 2013. — Vol. 59. — P. 226–238.

114. Dong, L. Tracking industrial symbiosis performance with ecological network approach integrating economic and environmental benefits analysis / L. Dong, H. Zhang, G. Liu, Y. Geng, T. Fujita // Resources, Conservation and Recycling. — 2022. — Vol. 185. — C. 1–13.

115. Domenech, T. Structure and morphology of industrial symbiosis networks: The case of Kalundborg / T. Domenech, M. Davies // Procedia — Social and Behavioral Sciences. — 2011. — Vol. 10. — C. 79–89.

116. Ehrenfeld, R. Industrial ecology in practice: The evolution of interdependence at Kalundborg / R. Ehrenfeld, N. Gertler // Journal of Industrial Ecology. — 1997. — Vol. 1. — № 1. — C. 67–79.

117. Foray, D. The secrets of industry are in the air: Industrial cooperation and the organizational dynamics of the innovative firm / D. Foray // Research Policy. — 1991. — Vol. 20, № 5. — C. 393–405.

118. Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe: report / Ellen MacArthur Foundation, McKinsey Center for Business and Environment. — 2015. — 98 p. — URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe> (дата обращения: 31.05.2026).

119. Giacometti, A. Industrial Symbiosis — an end or a means? State of Art in the Baltic Sea Region / A. Giacometti, M. Kāle, A. Berlina // Nordregio. — 2025. — URL: <https://nordregio.org> (дата обращения: 12.09.2026).

120. Hackl, R. Identification, cost estimation and economic performance of common heat recovery systems for the chemical cluster in Stenungsund / R. Hackl, S. Harvey. — Gothenburg: Chalmers University of Technology, 2013. — 98 с.

121. Hackl, R. Opportunities for process integrated biorefinery concepts in the chemical cluster in Stenungsund / R. Hackl, S. Harvey. — Gothenburg: Chalmers University of Technology, 2010. — 78 с.

122. Hackl, R. Total site analysis (TSA) Stenungsund / R. Hackl, S. Harvey, E. Andersson. — Gothenburg: Chalmers University of Technology, 2010. — 52 с.
123. Hardisty, P. Environmental and economic sustainability / P. Hardisty. — New York, NY: CRC Press, 2010. — 338 с.
124. Hashimoto, S. Realizing CO2 emission reduction through industrial symbiosis: A cement production case study for Kawasaki / S. Hashimoto, T. Fujita, Y. Geng, E. Nagasawa // *Resources, Conservation and Recycling*. — 2010. — Vol. 54, no. 10. — P. 704–710.
125. Herczeg, G. Supply chain collaboration in industrial symbiosis networks / G. Herczeg, R. Akkerman, M. Z. Hauschild // *Journal of Cleaner Production*. — 2018. — Vol. 171. — P. 1058–1067.
126. Hossain, M. Exploring the barriers to implement industrial symbiosis in the apparel manufacturing industry: Implications for sustainable development / M. Hossain, M. R. M. Chowdhury, M. A. Kibria, M. M. H. Khan // *Heliyon*. — 2024. — Vol. 10, no. 13. — C. 1–15.
127. Industrial and urban symbiosis in Stenungsund // The Swedish Network for Industrial and Urban Symbiosis: official website — URL: <https://www.industrialsymbiosis.se/en/cases/3olpd80wlnvadjp> (дата обращения: 12.09.2026).
128. Jain, N. Application of McKinsey 7S framework as a strategic tool for a knowledge based Organizational Development / N. Jain, J. Kansal // *IEEE Engineering Management Review*. — 2023. — №4. — C. 14-25.
129. Kalundborg Symbiosis: official website — URL: <https://www.symbiosis.dk/en/> (дата обращения: 12.09.2026).
130. Lasthein, M. K. Guide for Industrial Symbiosis facilitators / M. K. Lasthein, D. B. Lingås, L. M. Johansen. — Viborg: Transition ApS, 2021. — 164 p.
131. Lombardi, D. R. Redefining industrial symbiosis: Crossing academic–practitioner boundaries / D. R. Lombardi, P. Laybourn // *Journal of Industrial Ecology*. — 2012. — Vol. 16, № 1. — C. 28–37.

132. Lovins, A. B. *Natural Capitalism: the Next Industrial Revolution* / A. B. Lovins, L. H. Lovins, P. Hawken. // Earthscan. – 1999. — С. 396.
133. Lu, C. Uncovering the benefits of integrating industrial symbiosis and urban symbiosis targeting a resource-dependent city: A case study of Yongcheng, China / C. Lu, W. Zhang, X. Zhang, R. An, R. Liang, Z. Chen, Y. Geng // *Journal of Cleaner Production*. — 2020. — Vol. 255. — Art. no. 120210 (P. 1–11).
134. *Markets and Organization* / edited by R. Arena, C. Longhi. — Berlin; Heidelberg: Springer. – 1998. — 697 c.
135. Martin, D. Individual, Organizational, and Institutional Determinants of Formal and Informal Inter-Firm Cooperation in SMEs / D. Martin, I. Romero, D. Wegner // *Journal of Small Business Management*. — 2019. — Vol. 57, № S2. — С. 1698–1711.
136. Martin, M. Seminar “Industrial Symbiosis as a Regional Development Instrument: The Swedish Experience for Belarus” / M. Martin // BEROС: official website. — 2019. — URL: <https://beroc.org> (дата обращения: 12.09.2026).
137. Martínez-Alier, J. *Handbook of Ecological Economics* / J. Martínez-Alier, R. Muradian // Cheltenham, UK: Edward Elgar Pub. – 2015. — С. 512.
138. Mirata, M. Industrial symbiosis in the UK / M. Mirata, R. Pearce // *Industrial ecology and spaces of innovation*. — 2006. — P. 77–105.
139. Mirata, M. International and Swedish State of Play in Industrial Symbiosis: a review with proposals for scaling up industrial symbiosis in Sweden / M. Mirata. — Linköping: Linköping University, 2018. — 64 p.
140. Mohr, L. B. Determinants of innovation in organizations / L. B. Mohr // *American political science review*. – 1969. – Т. 63. – №. 1. – С. 111-126.
141. Neves, A. A comprehensive review of industrial symbiosis / A. Neves, P. Godinho, D. Torres, M. Silva // *Journal of Cleaner Production*. — 2020. — Vol. 247. — С. 1–25.

142. Neves, A. Current status, emerging challenges and future prospects of industrial symbiosis in Portugal / A. Neves, R. Godina, S. G. Azevedo, J. C. O. Matias // Sustainability. — 2019. — Vol. 11, no. 19. — Art. no. 5497 (P. 1–17).
143. Ohnishi, S. A comprehensive evaluation on industrial & urban symbiosis by combining MFA, carbon footprint and emergy methods — Case of Kawasaki, Japan / S. Ohnishi, H. Dong, Y. Geng, M. Fujii, T. Fujita // Ecological Indicators. — 2017. — Vol. 73. — P. 513–524.
144. Overbeek, G. Review of bioeconomy strategies at regional and national levels / G. Overbeek, L. Bakaityte, V. De Mey, H. J. van der Fels-Klerx // BioSTEP Project. — 2016. — Report D2.1. — URL: <https://edepot.wur.nl/379230> (дата обращения: 12.09.2026).
145. Pandey, A. K. Impact of industrial symbiosis on sustainability / A. K. Pandey, R. Prakash // Open Journal of Energy Efficiency. — 2019. — Vol. 8, no. 2. — C. 81–93.
146. Pettersen, T. Investigating the potential for increased energy utilisation and reduced CO2 emissions at Mo Industrial Park / T. Pettersen, N. B. K. Nystad, R. Radenković, T. M. Eikevik // Energies. — 2020. — Vol. 13, no. 18. — C. 1–22.
147. Petříková, K. Industrial symbiosis in European policy: overview of recent progress / K. Petříková, K. Borseková, I. Blam // Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Oeconomica. — 2016. — Vol. 2, no. 320. — P. 39–53.
148. Putra, A. S. Characterization of national eco-industrial park projects in China, Korea, and Japan: Bibliometric analysis and systematic literature review / A. S. Putra, H. S. Setyowati, B. Supriyadi, M. F. N. Aulawi // Journal of Industrial Ecology. — 2025. — Vol. 29, no. 1. — P. 96–112.
149. Richardson, G. B. The organization of industry / G. B. Richardson // The Economic Journal. — 1972. — Vol. 82, № 327. — C. 883–896.
150. Røyne, F. Life cycle perspective in environmental strategy development on the industry cluster level: A case study of five chemical companies / F. Røyne, J.

Berlin, E. Ringström // *Journal of Cleaner Production*. — 2015. — Vol. 86. — P. 125–131.

151. Screening tool for industrial symbiosis facilitators // Symbiosis Center Denmark: official website. — URL: <https://symbiosecenter.dk/en/screening-tool-for-industrial-symbiosis-facilitators/> (дата обращения: 12.09.2026).

152. Sharafizad, J. Regional small businesses' personal and inter-firm networks / J. Sharafizad, K. Brown // *Journal of Business & Industrial Marketing*. — 2020. — Vol. 35, № 12. — P. 1957–1969.

153. Smith, K. G. Intra-and interorganizational cooperation: Toward a research agenda / K. G. Smith, S. J. Carroll, S. J. Ashford // *Academy of Management Journal*. — 1995. — Vol. 38, № 1. — C. 7–23.

154. Smits, R. Innovation studies in the 21st century: Questions from a user's perspective / R. Smits // *Technological forecasting and social change*. — 2002. — Т. 69. — №. 9. — C. 861-883.

155. Stahel, W. R. Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy / W. R. Stahel, G. Reday-Mulvey // New York: Vantage Press. — 1981. — 116 с.

156. Stahel, W. R. The functional economy: cultural and organizational change / W. R. Stahel // *The industrial green game* / [edited by] D. J. Richards // National Academy Press. — 1997. — C. 91–100.

157. Swan, J. Knowledge management and innovation: networks and networking / J. Swan // *Journal of Knowledge management*. — 1999. — Т. 3. — №. 4. — C. 262-275.

158. Symbiosis Center Denmark: official website. — URL: <https://symbiosecenter.dk/en/about-us/> (дата обращения: 12.09.2026).

159. Takeuchi, A. Environmental symbiosis and renewal of old industrial districts in Japan: Cases of Kawasaki and Kitakyushu / A. Takeuchi, H. Motoki // *New Economic Spaces: New Economic Geographies* / ed. by R. Le Heron, S. Oakes. — London: Routledge, 2017. — P. 146–153.

160. Taking Stock of Industrial Ecology / ed. by R. Clift, A. Druckman. — Text: direct. — Cham: Springer, 2016. — 362 p.
161. Tibbs, H. Industrial Ecology: An Environmental Agenda for Industry / H. Tibbs // Emeryville, CA: Global Business Network. — 1993. — 105 c.
162. Thompson, V. A. Bureaucracy and innovation / V. A. Thompson // Administrative science quarterly. — 1965. — С. 1-20.
163. Towards a circular economy: a zero-waste programme for Europe: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: COM (2014) 398 final. — Brussels: European Commission, 2014. — 14 p. — URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52014DC0398> (дата обращения: 31.05.2026).
164. Trendsetter Barometer: Business Outlook Report. // Harvard Law School Forum on Corporate Governance [site]. — 2012. — URL: <https://corpgov.law.harvard.edu/2012/10/19/trendsetter-barometer-business-outlook-report/> (дата обращения: 31.05.2026).
165. Tuominen, T. Studying innovation and change activities in KIBS through the lens of innovative behaviour / T. Tuominen, M. Toivonen // International Journal of Innovation Management. — 2011. — Т. 15. — №2. — С. 393-422.
166. Udvardi F. E. Creativity and innovation in organizations: Two models and managerial implications / F. E. Udvardi // Technological forecasting and social change. — 1990. — Т. 38. — №. 1. — С. 65-80.
167. Van Berkel, R. Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town program 1997–2006 / R. Van Berkel, T. Fujita, S. Hashimoto, Y. Geng // Journal of Environmental Management. — 2009. — Vol. 90, no. 3. — P. 1544–1556.
168. Valentine, S. V. Kalundborg Symbiosis: Fostering progressive innovation in environmental networks / S. V. Valentine // Journal of Cleaner Production. — 2016. — Vol. 118. — С. 65–77.

169. Yang, Z. How does alliance-based government-university-industry foster cleantech innovation in a green innovation ecosystem? / Z. Jang // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – T. 283. – C. 124559.
170. Yu, C. Understanding the Evolution of Industrial Symbiosis Research / C. Yu, C. Davis, G. P. J. Dijkema // *Journal of Industrial Ecology*. — 2013. — Vol. 18, № 2. — C. 280–293.
171. Wolfe, R. A. Organizational innovation: Review, critique and suggested research directions / R.A. Wolfe // *Journal of management studies*. – 1994. – T. 31. – №. 3. – C. 405-431.
172. Zaman, A. U. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines / A. U. Zaman // *Journal of Cleaner Production*. — 2015. — Vol. 91. — C. 12–25.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОБЗОР ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОНЯТИЯ «ИННОВАЦИЯ» И СХОЖИХ ТЕРМИНОВ

Таблица А1 – Обзор подходов к определению понятия «инновация»

Авторы	Подходы к определению «Инновация»
Й.А. Шумпетер [67]	«Осуществление новых комбинаций», которое «...охватывает следующие пять случаев: 1. Создание нового блага (неизвестное для потребителя или создание нового качества существующего блага). 2. Внедрение нового блага (начало использования неизвестного или практически неизвестного для определенной отрасли промышленности метод / способ производства, новый способ коммерческого использования определенного товара и др.). 3. Освоение нового рынка сбыта (неизвестный для определенного рынка некоторое благо). 4. Получение нового источника сырья / полуфабрикатов (освоение существующего или нового источника сырья известным или новым методом / способом). 5. Проведение соответствующей реорганизации (например, создание конкурентного преимущества или минимизация преимуществ конкурентов путем создания объединений, трестов и другое).»
L.B. Mohr [140]	Успешное приложение к определенной ситуации новых средств и методов
R. Cyert, J. March [110]	То новое решение (проблемы, задачи), которое возникает на индивидуальном, групповом или организационном уровнях
V.A. Thompson [162]	Продуцирование, принятие и использование новых идей, процессов, продуктов и услуг
F.E. Udwadia [166]	«... относящаяся к: 1. Принятию деятельности или новых технологий, являющихся новыми для организации 2. Изменениям в структуре организации или используемой в ней управленческой практике 3. Адаптации к рыночным условиям результатов внутрикорпоративных исследований и процессов организационного развития»
Smits R. [154]	Успешная комбинация оборудования, технологий и организационного ресурса в контексте определённой социальной, либо экономической модели

Продолжение таблицы А1

Авторы	Подходы к определению «Инновация»
J. Swan [157]	«Развитие и внедрение новых идей людьми, которые в течение продолжительного времени вступают во взаимодействие с другими людьми в институциональном контексте»
Wolfe R.A. [171]	«Инновация является не простым и линейным феноменом, а скорее комплексным многоэтапным процессом, включающим в себя циклы как прямой, так и обратной связи»
Яголковский С.Р. [68]	«Инновация, от англ. «innovation», как введение нового и означает процесс использования новшества или изобретения (от англ. invention)»
Законодательство РФ [4]	«Введенный в употребление новый, или значительно улучшенный, продукт (товар, услуга) или процесс, новый метод продаж или новый организационный метод в деловой практике, организации рабочих мест или во внешних связях»
«Организация экономического сотрудничества и развития» (ОЭСР) [89]	«Введение в употребление какого-либо нового или значительно улучшенного продукта (товара или услуги) или процесса, нового метода маркетинга или нового организационного метода в деловой практике, организации рабочих мест или внешних связях.»
Грибанов Д. В. [27]	1. Инновация есть результат научного и иного творчества, как правило существующего в виде объекта интеллектуальной собственности. Основа инновации – новое знание, сформулированное в соответствии с законами логики и зафиксированное на материальном носителе. 2. Инновация выступает в виде продукта, технологии, услуги и других материальных форм, способных к воспроизводству. 3. Инновация предназначена для удовлетворения определенных потребностей человека и общества, то есть имеет экономический и иной социальный эффект.

Таблица А2 – Обзор отличий термина «инновация» от прочих схожих

Понятие	Отличие от термина «Инновация» от прочих терминов
Изобретение / Открытие	1. Изобретение и открытие привносит что-то новое в бытие, а инновация делает что-то новое практичным и используемым [109; 140]. 2. «Открытие – результат фундаментальных исследований, инновации – прикладных разработок» [68].
Новая идея / Новация	Новация может становится инновацией в процессе перехода от идеи к внедрению в производство нового технологического решения или усовершенствование новой готовой продукции [64].
Новшество	Оформленное (например, в виде патента или работоспособного прототипа) решение проблемы потребителя, направленное на удовлетворение его нужд и имеющее возможность практической реализации, но еще не внедренное [64].
Нововведение	Деятельность по внедрению новшества (зачастую считается синонимом термина «Инновация»), но не всегда с положительным экономическим эффектом [58].
Модернизация	Целенаправленный процесс масштабных изменений / совершенствований / преобразований определенных систем в соответствии с новейшими, современными требованиями [27]. Другими словами, широкомасштабный инновационный проект [68] в различных сферах, например: - образование – новые требования к образованию и подготовке кадров. - экономика – формирование инновационной экономики за счет развития рынка интеллектуальной собственности. - научно-техническая – разработка и внедрение в производство наукоемких технологий и другие сферы [27].

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ К ПАРАГРАФУ 1.2

Таблица Б1 – ТОП-10 субъектов РФ по общему объему инновационных товаров, работ и услуг за период 2018–2025 гг. (млрд руб.)

Регион	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Всего	4 516,3	4 863,4	5 189,0	6 003,3	6 377,2	8 323,9	9 817,8	12 585,5
Республика Татарстан (ПФО)	586,7	582,7	528,8	789,1	955,5	1 126,2	1 401,6	2 458,1
г. Москва (ЦФО)	283,5	565,8	626,6	795,3	989,9	1 358,9	1 628,5	2 350,6
Московская обл. (ЦФО)	357,7	299,9	381,0	502,8	416,2	657,3	991,4	1 268,6
г. Санкт-Петербург (СЗФО)	377,1	471,8	448,0	624,1	501,8	499,7	643,9	825,5
Нижегородская обл. (ПФО)	246,0	266,4	276,2	186,0	216,2	406,1	548,21	582,8
Тульская обл. (ЦФО)	84,2	67,1	131,3	134,4	146,2	237,2	200,2	391,7
Свердловская обл. (УФО)	153,8	168,1	185,5	227,2	238,6	291,0	295	326
Челябинская обл. (УФО)	102,7	96,9	78,1	21,3	293,2	432,2	429,7	271,5
Самарская обл. (ПФО)	205,5	164,9	157,2	199,2	210,6	335,1	407,6	230,5
Республика Башкортостан (ПФО)	143,8	152,9	150,6	202,4	128,1	215,3	220,6	224,6

Составлено автором на основе: [77]

Таблица Б2 – Общий объем инновационных товаров, работ и услуг в РФ за период 2018–2025 гг. по видам экономической деятельности (% от общего объема)

Регион	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Всего (млрд руб.)	4 516,3	4 863,4	5 189,0	6 003,3	6 377,2	8 323,9	9 817,8	12 585,5
Обрабатывающие производства	2 995,9	2 986,6	3 429,9	3 659,8	3 802,5	4 933,6	6 043,4	7 600,3
Добыча полезных ископаемых	603,1	663,3	485,8	874,3	870,0	1 076,5	1 099,4	1 623,3
НИОКР	627,5	525,3	620,1	698,0	686,8	810,3	970,6	991,8
Разработка ПО, консультирование в данной сфере, др.	48,4	107,0	115,2	118,8	158,5	603,8	738,4	1 280,7
Телекоммуникации	87,2	84,1	96,1	210,7	174,4	212,7	184,9	228,0
Транспортировка и хранение	Нет данных	47,5	125,6	82,2	124,7	156,0	155,7	163,7
Сельское хозяйство	33,8	69,6	57,8	66,4	124,8	118,4	112,2	70,8
Архитектура и инженерно-техническое проектирование и др.	19,4	8,0	18,3	18,4	40,3	110,0	138,0	188,9
Строительство	Нет данных	30,0	30,1	40,4	44,0	90,1	101,2	117,1
Деятельность в сфере ИТ	3,0	9,1	11,1	41,1	38,5	78,4	125,6	114,9
Водоснабжение, водоотведение и др.	15,1	18,6	23,0	19,9	31,0	43,1	30,9	27,0
Обеспечение электроэнергией, газом, паром и др.	78,9	202,9	60,7	28,3	230,9	23,2	20,9	17,5
Реклама и исследование конъюнктуры рынка	2,9	68,9	77,9	121,8	22,1	30,9	70,1	119,3
Издательская деятельность	0,1	0,2	0,2	0,2	Нет данных	1,5	1,3	1,7
Право и бухгалтерский учет	0,2	4,1	5,5	1,4	3,2	2,7	3,2	3,2
Деятельность головных офисов; консультирование по вопросам управления	0,7	24,0	4,7	4,6	3,8	2,9	2,2	4,7
Профессиональная научная и техническая прочая деятельность	Нет данных	0,5	0,8	0,8	1,4	1,0	1,9	1,8
Здравоохранение и социальные услуги	Нет данных	13,7	25,2	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
Другое (не входит в обозначенные группировки / не опубликовано из-за конфиденциальности данных)	0,1	0	1,0	16,2	20,3	28,8	17,9	30,8

Составлено автором на основе: [77]



Рис. Б1 – Интенсивность затрат обрабатывающих производств на инновационную деятельность в странах мира в 2024 году
Составлено автором на основе: [33]



Рис. Б2 – Факторы, препятствующие инновационной деятельности в течение последних трех лет по мнению организаций в 2024 году
Составлено автором на основе: [33]

Таблица БЗ – Обзор годовых отчетов, отчетов об устойчивом развитии и других стратегических документов крупных российских компаний на тему «зеленых» инноваций и ПС

Компания	Документ	Упоминание «зеленых» инноваций	Упоминание ПС
ПАО «Газпром»	Отчет о социальной деятельности за 2023 год	Отдельные проекты по развитию замкнутых систем водоснабжения	Нет
	Политика в области устойчивого развития	Повышение энергетической эффективности	Нет
ПАО «Лукойл»	Отчет об устойчивом развитии за 2023 год	Использование возобновляемых источников энергии (для генерации электроэнергии)	Нет
ПАО «Роснефть»	Отчет об устойчивом развитии, 2023 год	Проекты по рекультивации земель, «зеленые» инвестиции, повышение энергоэффективности, развитие «зеленых» технологий и др.	Нет
	«Роснефть»: вклад в реализацию целей ООН в области устойчивого развития, 2024 год	«Зеленые» инвестиции, инновации для повышения энергоэффективности (в том числе очистка воды, использование возобновляемых источников энергии), развитие принципов циркулярной экономики	Нет
	«Организация и контроль работ по обращению с отходами», 2024 год	Проекты по рекультивации земель, переработка шлама	Нет
ПАО «ФосАгро»	Интегрированный годовой отчет за 2023 год	«Зеленые» облигации, развитие новых экологических удобрений (сниженная эмиссия парниковых газов при их применении в сельском хозяйстве)	Нет
ПАО «Норникель»	Результаты в области устойчивого развития за 2023 год	«Зеленые» инновации (катализатор синтеза гликолевой кислоты для производства биоразлагаемой упаковки, катализатор для РЕМ-электролизеров и др.)	Нет
	Годовой отчет за 2023 год	«Зеленые» инновации (развитие технологий, направленные на снижение выбросов, рециклинг)	Нет

Продолжение таблицы Б3

Компания	Документ	Упоминание «зеленых» инноваций	Упоминание ПС
ПАО «Сибур Холдинг»	Интегрированный годовой отчет за 2023 год	«Зеленые» инновации	Нет
	Стратегия в области устойчивого развития до 2025 года	Нет	Нет
ПАО «Русал»	Годовой за 2023 год	Проекты по очистке газов и дожигу СО	Нет
	Отчет об устойчивом развитии за 2023 год	Новые продукты для снижения энергоемкости и ресурсоемкости производства	Нет
АО «МХК «Еврохим»	Годовые отчеты не публикуются с 2021 года	-	-
ПАО «Северсталь»	Годовой отчет за 2024 год	Снижение выбросов загрязняющих веществ	Нет
	Отчет об устойчивом развитии за 2024 год	Снижение выбросов загрязняющих веществ, развитие продуктов для «зеленых» производств (например, башни ветрогенераторов, опорные столы солнечных панелей)	Нет
АО «ОХК «Уралхим»	Отчет об устойчивом развитии за 2023 год	Поддержка внешних инновационных компаний (в том числе связанными с экологическими инновациями), снижение выбросов, повышение энергоэффективности	Нет

Составлено автором на основе годовых отчетов, отчетов об устойчивом развитии, стратегических отчетов интегрированных отчетов, политик, отчетов о социальной деятельности ПАО «Газпром», ПАО «Лукойл», ПАО «Роснефть», ПАО «ФосАгро», ПАО «Норникель», ПАО «Сибур Холдинг», ПАО «Русал», АО «МХК «Еврохим», ПАО «Северсталь», АО «ОХК «Уралхим» за 2023 – 2025 гг.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ОБЗОР КОНЦЕПЦИИ «КООПЕРАЦИЯ»

Таблица В1 – Формы сотрудничества предприятий в рамках кооперации

Форма кооперации	Определение
Совместное предприятие	Юридическое лицо, образованное двумя или более сторонами для совместного использования экономических возможностей
Стратегический альянс	Соглашение о кооперации двух или более независимых фирм для достижения определенных коммерческих целей, для получения синергии объединенных и взаимодополняющих стратегических ресурсов компаний (как правило, в области НИОКР, совместного производства или освоения новых рынков)
Консорциум	Временное объединение нескольких структур (предприятия, банки, торговые сети, научно-технические центры, государства и др.) в форме соглашения о совместном выполнении крупного проекта
Кластер	Группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний (поставщики, производители) и связанных с ними организаций (образовательные заведения, органы государственного управления, инфраструктурные компании), действующих в определенной сфере и взаимодополняющих друг друга
Промышленный кластер	Совокупность субъектов деятельности в сфере промышленности, связанных отношениями в указанной сфере вследствие территориальной близости и функциональной зависимости и размещенных в относительной близости друг от друга. Как правило, создаются по географическому признаку как образования «проектного» типа (например, кластеры в области электроники и микроэлектроники). Похожие объединения по смыслу: «наукограды» (места близкого расположения специализированных производителей), «территориально–производственные комплексы, «производственные и научно-производственные объединения» «закрытые города»
Экотехнопарк	Объединенный энергетическими и взаимозависимыми материально-сырьевыми потоками и связями комплекс объектов, включающий в себя здания и сооружения, технологическое и лабораторное оборудование, используемые в деятельности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов, обеспечивающий их непрерывную переработку и производство на их основе промышленной продукции, а также осуществление НИОКР и (или) образовательной деятельности

Продолжение таблицы В1

Форма кооперации	Определение
Территориально-производственный комплекс	Объединение предприятий в одной промышленной точке (районе), при котором достигается определенный экономический эффект за счет удачного подбора предприятий в соответствии с природными и экономическими условиями района, с его транспортным и экономико-географическим положением. Экономическое единство территориально-производственного комплекса создается производственными связями предприятий, использованием общерайонных природных и экономических ресурсов и условий.
Межотраслевой научно-производственный комплекс	Отраслевая / межотраслевая производственная координация и кооперация различных предприятий и организаций под эгидой государственных ведомств, проводящие комплексные работы по важнейшим направлениям научно-технического прогресса

Составлено автором на основании: [7; 10; 12; 18; 23; 26; 29; 34; 48; 50; 52; 61; 135; 149; 152; 164]

Таблица В2 – Мотивы участия предприятий в кооперации

Автор	Вклад
Дж. Ричардсон	Фирмы вступают в кооперацию, когда им необходим доступ к услугам «неодинаковых, но комплементарных» способностей других фирм.
Aldrich, Auster	Стремление нивелировать ограниченность фирмы ее текущим размером.
Teece, Eccles	Оптимизации издержек производства, экономии от масштаба, разнообразия, специализации и опыта.
Дж.Пфеффер, Дж.Саланчик	В целях попытки воздействия на внешнюю среду для того, чтобы сделать ее благоприятнее для компании.
О. Уильямсон	Стремление компаний сократить издержки и уменьшить риски от инновационной деятельности.
Becker, Dietz, Nieto, Santamaria	Обмен знаниями, происходящий в результате кооперации, позволяет восполнять изначальный недостаток ресурсов и умений компании.
Горлачева Е.Н.	Межфирменное взаимодействие помогает быстрее завоевать выгодные позиции, чем внутрифирменные разработки, обходится дешевле и обеспечивает большую эффективность, чем слияние. Одним из преимуществ взаимодействия является разделение риска между всеми участниками соглашения.
Bratkovic, Antoncic, Ruzzier	Нехватка профессиональных и деловых контактов у владельцев и менеджеров компаний для реализации всего потенциала роста компании.

Составлено автором на основании: [10; 18; 23; 26; 34; 52; 61; 74; 135; 149; 152; 164]

Таблица В3 – Направления сотрудничества в рамках кооперации

Автор	Направления сотрудничества
PWC	Ключевые формы межфирменной кооперации, наиболее востребованных в высокотехнологичном секторе и секторе промышленного производства экономики США: 1. маркетинг, сбыт, продажи 2. лицензирование 3. ведение НИОКР 4. производство продукции
Текутьев И.В.	1. НИОКР и технологическое лицензирование 2. производство 3. сбыт и продвижение продукции, в том числе наукоемкой (маркетинг традиционных товаров, маркетинг инноваций, организация сетей и каналов распределения) 4. обучение, развитие и совершенствование персонала (обучение и переобучение, обмен опытом, бенчмаркинг, повышение квалификации)
Бусыгин К.Д.	В российской практике кооперации инновационных промышленных предприятий: 1. маркетингово-сбытовое направление 2. производственное направление 3. научно-техническое и инновационное направление 4. кадрово-образовательное направление
Arena R, Longhi С..	Виды коопераций в сферах IT и производства электронной продукции: 1. НИОКР (common R&D agreements) 2. лицензирование (licensing) 3. дистрибьюция (VAR, Value Added Reseller) 4. передача товарного знака в право пользования (franchising) 5. совместное производство (co-production) 6. производство оригинального оборудования (OEM, Original Equipment Manufacturer) 7. передача ресурсов и навыков (resources and skill assignment) 8. техническая поддержка и техническое обслуживание (technical support and maintenance).

Составлено автором на основании: [10; 18; 23; 26; 34; 48; 52; 61; 74; 134; 135; 152; 164]