

Модели формирования промышленного симбиоза

Белых Александр Леонидович

Руководитель проекта «Балтийский промышленный симбиоз»¹, аспирант²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8016-8476>, e-mail: alexbelikh@gmail.com

¹ООО «Тайрмен Групп», 192029, пр-т Обуховской Обороны, 70к2, литер. А, г. Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет,
191023, наб. канала Грибоедова, 30-32, литер. А, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Промышленный симбиоз активно развивается и внедряется в различных странах в качестве инструмента для снижения негативного влияния деловой активности общества на экологию. В мире более 30 реализованных примеров промышленного симбиоза: в Великобритании, Дании, Норвегии, Финляндии, Швеции, Японии, Китае, США, Бразилии, Российской Федерации. В существующих исследованиях определено, что практическая реализация концепции происходит, как правило, двумя способами: хаотично/спонтанно или в плановом режиме. Цель настоящего исследования – выявить основные модели формирования и развития промышленного симбиоза на основании организационной формы его участников (коммерческая/некоммерческая). Основными задачами исследовательской работы являются консолидация и обобщение примеров зарубежной и российской практик формирования симбиотических цепочек, изучение организационных форм участников существующих промышленных симбиозов, сопоставление выявленных примеров между собой, визуализация схем потенциальных взаимодействий в тех или иных условиях. В результате были сформулированы и описаны пять моделей построения промышленного симбиоза. Исследование может представлять интерес для профильных специалистов и экспертов, фасилитаторов, менеджеров по устойчивому развитию и других при планировании и формировании промышленных симбиотических цепочек в различных регионах Российской Федерации.

Ключевые слова: промышленный симбиоз, симбиотические цепочки, практические примеры, хаотичность, плановый подход, организационная форма, лидерство, коммерческие организации, некоммерческие организации

Цитирование: Белых А.Л. Модели формирования промышленного симбиоза // Управление. 2023. Т. 11. № 1. С. 51–63. DOI: [10.26425/2309-3633-2023-11-1-51-63](https://doi.org/10.26425/2309-3633-2023-11-1-51-63)



Models of industrial symbiosis formation

Aleksandr L. Belykh

Project manager of “Baltic Industrial Symbiosis” project¹, Postgraduate Student²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8016-8476>, e-mail: alexbelikh@gmail.com

¹LLC “Tyreman Group”, 70k2, liter. A, prospekt Obukhovskoi Oborony, Saint Petersburg 192029, Russia

²Saint Petersburg State University of Economics, 30-32, liter. A, nab. kanala Griboedova, Saint Petersburg 191023, Russia

Abstract

Industrial symbiosis is actively being developed and implemented in various countries as a tool to reduce the negative impact of business activity on the environment. There are more than 30 implemented examples of industrial symbiosis in the world: Great Britain, Denmark, Norway, Finland, Sweden, Japan, China, USA, Brazil, Russia, etc. Existing studies have determined that the practical implementation of the concept occurs, as a rule, in two ways: chaotically / spontaneously or in a planned mode. The purpose of this study is to identify the main models of the formation and development of industrial symbiosis based on the organizational form of its participants (commercial/non-commercial). The main objectives of the research work are the consolidation and analysis of examples of foreign and Russian practices of forming symbiotic chains, research of organizational forms of participants in existing industrial symbioses, comparative study of identified examples, visualization of chains of potential interactions in various conditions. As a result, five models of industrial symbiosis formation were identified and described. The study may be of interest to industry specialists and experts, facilitators, sustainable development managers and others while planning and forming industrial symbiotic chains in various regions of the Russian Federation.

Keywords: industrial symbiosis, symbiotic chains, practical examples, randomness, planned approach, organizational form, leadership, commercial organizations, non-profit organizations

For citation: Belykh A.L. (2023) Models of industrial symbiosis formation. *Upravlenie / Management (Russia)*, 11 (1), pp. 51–63. DOI: 10.26425/2309-3633-2023-11-1-51-63



Введение / Introduction

Возможность поддержания стабильного экономического роста с одновременным сохранением окружающей среды обсуждается обществом на различных уровнях более семидесяти лет [Липина и др., 2016]. С одной стороны, считается, что рост экономики в мировом масштабе невозможен без негативного эффекта на окружающую среду [Пахомова и др., 2017]. С другой стороны, бизнес-проекты, в которых, среди прочего, разрабатываются мероприятия, нацеленные на минимизацию экологического следа, характеризуются относительно высокой капиталоемкостью и более длительным сроком окупаемости [Богачева, Смородинов, 2017]. В рамках поиска потенциальных решений данного противоречия исследователи разработали ряд теоретических концепций, среди которых концепции: «устойчивое развитие» [Бобылев, 2017], «циркулярная экономика» [Валько, 2018], теория «от колыбели до колыбели» [Braungart, McDonough, 2002] и прочие. В основе каждой такой концепции заложены принципы максимального увеличения эффективности использования ресурсов (например, за счет повторного применения, переработки, восстановления первично использованных ресурсов) и минимального их изъятия из природы. Промышленный симбиоз (далее – ПС) – один из инструментов, который был разработан для решения данного противоречия.

Основой ПС является принцип: отходы одного предприятия – ресурсы для другого¹. В рамках ПС предприятия целенаправленно взаимодействуют между собой. Среди мотивов такого взаимодействия выделяют стремление к оптимизации производственных издержек путем использования побочных продуктов и продуктов вторичной переработки одних предприятий другими в качестве сырья. Также в условиях ПС происходит совместное потребление информационных, энергетических и прочих ресурсов [Chertow, Park, 2016].

Автор настоящей статьи определяет для себя промышленный симбиоз, как сотрудничество предприятий независимых отраслей, находящихся на определенной ограниченной территории, с целью оптимизации издержек путем использования побочных продуктов и отходов одних предприятий другими в качестве сырья, а также совместного потребления информационных, энергетических и прочих ресурсов. При этом, по мнению автора, ПС является

одним из инструментов межфирменной кооперации – долговременные партнерские соглашения между фирмами и/или другими структурами с целью повышения конкурентоспособности каждого из партнеров. На практике ПС определяется наличием двух или более компаний-партнеров из не связанных между собой отраслей, которые продуктивно обмениваются недоиспользуемыми ресурсами [Lombardi et al., 2012]. В ПС могут участвовать как коммерческие, так и некоммерческие организации (в обоих случаях и государственные, и негосударственные, и субъекты государственно-частного партнерства).

Заметный рост количества научных публикаций на тему ПС наблюдался в 1970-х гг. [Уткина, 2020]. Такая активность, в первую очередь, связана с началом развития одного из самых известных примеров практической реализации симбиотической деятельности в городе Калуннборг в Дании [Jacobsen, 2006], ставшего драйвером интереса к теме. Множество исследований, публикуемых в тот период, как правило, специалистами, причастными к работе системы Калуннборга, описали экономические, экологические и социальные выгоды для предприятий и локального сообщества. Также разработка европейских, национальных и региональных программ и стратегий, нацеленных на развитие и расширение практики ПС, повлияла на рост числа публикаций [Chertow, Park, 2016]. Идеи ПС были предметом исследования и в СССР в 1960–70-е гг. в рамках ряда концепций, например, «Комплексное использование минерального сырья», «Территориально-производственные комплексы» и других. В середине 1980-х гг. одним из реализованных примеров подобных концепций должен был стать Кольский полуостров, на котором планировалось осуществлять обмен продуктами вторичной переработки между горнодобывающими предприятиями для дальнейшего использования [Уткина, 2020]. Вместе с ростом научного интереса к теме ПС наблюдается его развитие и на практике в различных странах мира. В открытых источниках можно найти информацию о более чем 30 действующих примерах, в таблице 1 представлены некоторые из них.

Вопросы возникновения и развития ПС были предметом исследований и ранее. Согласно М.Р. Чертоу [Chertow, 2007], 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 начинаются в качестве пилотных проектов, которые проходят тестирование в рыночных условиях. При положительных результатах и сохранении взаимного

¹ Белова Е.Г., Хорева Л.В. (2019). Циркулярная экономика и промышленный симбиоз улучшат благосостояние и сохранят планету // Петербург предлагает. № 3 (35). С. 25–27. Режим доступа: http://spp.spb.ru/files/offers_2019_03.pdf (дата обращения: 20.12.2022).

интереса участников процесса симбиотические цепочки могут масштабироваться.

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. В большинстве случаев для формирования подобных систем создаются рабочие группы из разнопрофильных специалистов различных организаций (в том числе государственных), которые содействуют созданию симбиотических цепочек, используя различные инструменты (например, планирование землепользования, зонирование, предоставление грантов или долгосрочного финансирования, организация встреч и другое).

Также М.Р. Чертоу были сформулированы три стадии развития ПС [Chertow, Ehrenfeld, 2012].

1. «Прораствание». На этой стадии фирмы начинают обмениваться ресурсами на постоянной основе, постепенно формируются повторяющиеся обмены [Schwarz, Steininger, 1997]. Такие первые симбиотические цепочки зачастую становятся «ядрами» будущих ПС, которые проходят тестирование на устойчивость в условиях рынка. Достигаемые экономические эффекты создают привлекательность первых цепочек ПС для потенциально новых компаний-участников, что позволяет создать мотивацию для менеджмента таких организаций скорректировать существующие принципы и правила принятия решения об участии определенной организации в той или иной кооперации.

² BEROC (2019). Seminar “Industrial Symbiosis as a Regional Development Instrument: The Swedish Experience for Belarus”. Режим доступа: https://beroc.org/en/conference/green-economy/seminar_industrial_symbiosis_as_a_regional_development_instrument_the_swedish_experience_for_belarus/ (дата обращения: 20.12.2022).

2. «Раскрытие». Стадия, на которой информация о положительных эффектах определенного ПС становится известной субъектам внешней среды. Ученые связывают этот этап с распространением информации об успешных обменах ресурсами на региональном уровне [Baas, Boons, 2004]. Также на этой стадии возможно расширение целей и участников сформированного ПС.

3. «Институционализация». В дополнение к самоорганизующемуся характеру развития ПС дальнейшее расширение сети происходит под целенаправленным воздействием институциональной структуры.

Описанные выше подходы и стадии развития ПС стали основой для М.Р. Чертоу при формализации четырех моделей, согласно которым происходит формирование ПС на практике [Chertow, Ehrenfeld, 2012].

1. «Формирование и рекрутинг». Эта модель, которая основана на плановом подходе, определяется М.Р. Чертоу как базовая с точки зрения развития ПС. В рамках модели подразумевается наличие компании-лидера развития кооперации в лице определенной коммерческой или некоммерческой структуры. Лидер:

- определяет ограниченную территорию, на которой развивается кооперация;
- планирует цепочки взаимодействия предприятий;
- формирует список возможных участников и ведет с ними переговоры;
- напрямую воздействует на действующих субъектов кооперации.

Как правило, в данной модели лидер является «якорным» игроком, который участвует в большинстве сформированных кооперационных цепочек. Модель использовалась и используется при организации большинства классических индустриальных парков [Бурцева, Савельев, 2017]. В данной модели

Таблица 1

Примеры промышленного симбиоза в Европе, Америке и Азии
Table 1. Examples of industrial symbiosis in Europe, America and Asia

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: Калуннборг; • Бельгия: промышленный парк Kaiserbaracke; • Нидерланды: ПС Rotterdam Harbor; • Германия: промышленный парк Knapsack; • Франция: промышленный парк Deux Synthe	• США: продовольственный центр Intervale, Кейстоунский промышленный портовый 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

ПС – промышленный симбиоз

Составлено автором по материалам источников² [Mirata, Pearce, 2006] / Compiled by the author on the materials of the sources² [Mirata, Pearce, 2006]

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 лидер ведет целенаправленную деятельность по организации обмена ресурсами между предприятиями исключительно на принципах ПС. Основные функции в рамках данной деятельности:

- определение заинтересованных компаний (как правило, из различных отраслей);
- расположение компаний на определенной ограниченной территории;
- участие в переговорах по организации обмена ресурсами (приоритет – продуктами вторичной переработки);
- содействие проведению 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, увеличения доходов или расширения собственного бизнеса. Частные инициативы по организации ПС подвергаются испытанию рынком, 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. Основная идея – преобразовать существующие индустриальные парки в эко-индустриальные. Среди мотивов развития ПС могут быть стремление предприятий (как правило, компании-лидера) обновить устаревшую инфраструктуру, снизить общие затраты участников парка за счет расширения сотрудничества

между ними, определить новые возможности для бизнеса на основе имеющихся и потенциально новых потоков и прочее.

В большинстве приведенных выше моделей (кроме «Самоорганизующейся модели формирования ПС») присутствует организация-лидер, обладающая лидерскими полномочиями для построения и развития симбиотических кооперационных связей. В то же время ранее не было исследовано влияние формы организации-лидера на процессы формирования ПС. Автор настоящей статьи предполагает, что архитектура, общее количество участников и кооперационных цепочек, а также достигаемые эффекты того или иного ПС зависят от того, кто и как выполняет лидерские функции. Например, в качестве организации-лидера могут выступать как коммерческие, так и некоммерческие (в том числе государственные или негосударственные) организации, у которых изначальные цели, имеющиеся ресурсы, применяемые методы / подходы к формированию ПС могут существенно различаться. Приведенные выше модели не позволяют подтвердить или опровергнуть выдвигаемые гипотезы. В настоящей статье предложен авторский подход к моделям формирования ПС и их классификации, которые призваны дать возможность определить наличие предполагаемых различий.

Методы исследования / Research methods

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 проанализированы автором, что позволило выявить пять моделей формирования ПС. Результаты были обобщены и представлены в виде визуальных схем.

Во всех представленных моделях субъектами ПС являются две группы организаций: коммерческие и некоммерческие. При этом компания-лидер не которого 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 разделение 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 [Закинчак и др., 2011].

Модели формирования промышленного симбиоза / Models of industrial symbiosis formation

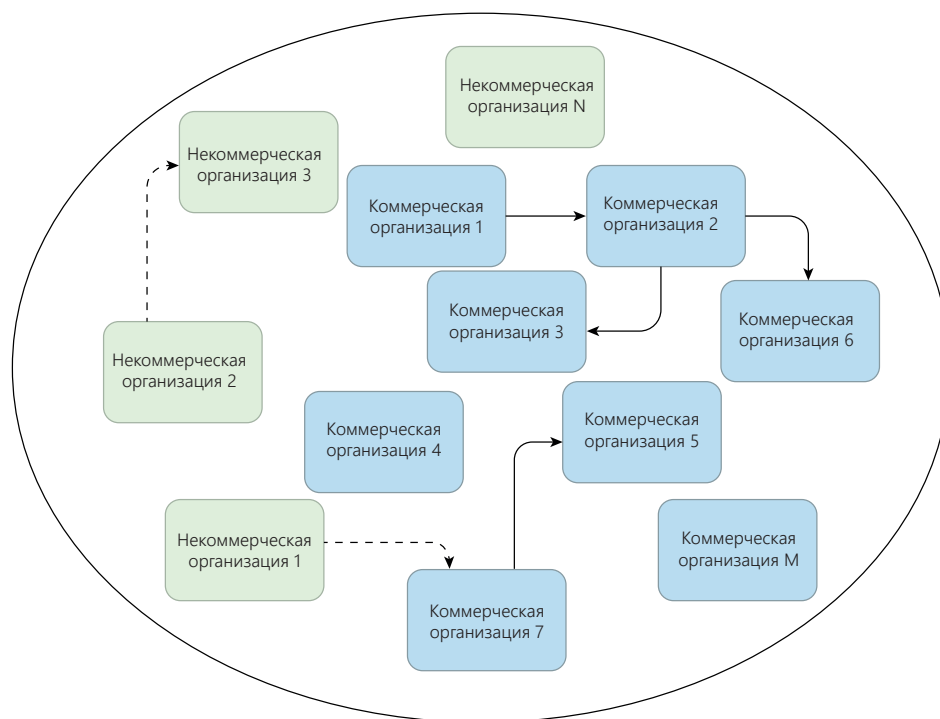
1. Самоорганизующаяся (хаотичная, спонтанная) модель формирования промышленного симбиоза

Согласно данной модели, ПС формируется и развивается хаотично, спонтанно. В этом процессе отсутствует какой-либо лидер, который оказывает влияние на выстраивание 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 рисунке 1 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 со стороны других предприятий, так и отдавать другим предприятиям продукты вторичной обработки или другие ресурсы. При этом потоков «вход»/ «выход» может быть более двух, но в то же время симбиоз не организован институционально.

Примером реализации такой модели является ПС в Калуннборге (Дания) на первоначальной стадии своего развития (1972–1992 гг.) [Yu et al., 2014]. 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 Ørsted (ранее Asnæs). 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 (далее – 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 уста-



Составлено автором по материалам исследования / Compiled by the author on the materials of the study

Рис. 1. Самоорганизующаяся (хаотичная) модель формирования промышленного симбиоза

Fig. 1. Self-organizing (chaotic) model of industrial symbiosis formation

новка по очистке газов от серы, после чего стала возможной передача части тепла Equinor в направлении Ørsted. Данное взаимодействие позволило электростанции снизить объем потребляемого угля для генерации электроэнергии.

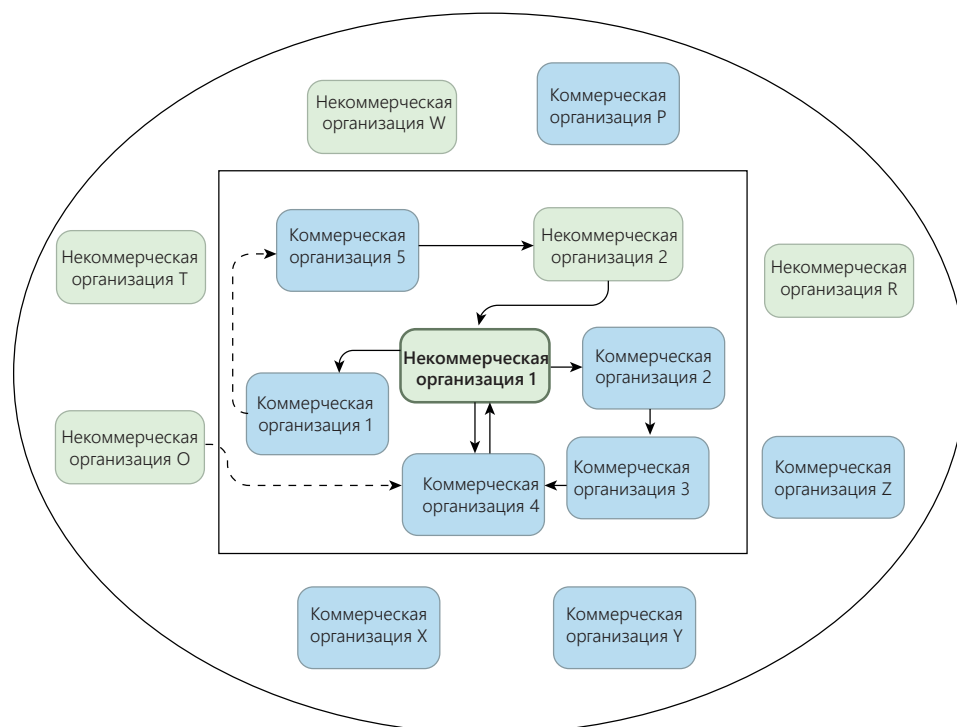
2. Модель формирования промышленного симбиоза под лидерством некоммерческой организации, участвующей в обмене продуктов вторичной переработки

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 этой организации в большинстве случаев имеется выделенный бюджет для развития симбиотических цепочек. Источник финансирования может быть различным: собственные средства, бюджетные средства, взносы, гранты и другое.

На рисунке 2 представлена модель в схематичном виде. В прямоугольнике обозначен промышленный симбиоз, 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 в Японии является одним из примеров развития ПС по данной модели. В 1997 г. Министерством окружающей среды Японии и Министерством экономики, торговли и промышленности Японии была запущена национальная программа EcoTown Program [Van Berkel et al., 2009]. Согласно данной инициативе, на территории страны развивается 26 проектов эко-городов, в число которых входит Кавасаки. На реализацию проекта в городе государством было выделено 25 млрд японских иен, которые были направлены на создание пяти предприятий, занимающихся переработкой пластиковых отходов, макулатуры, полиэтиленрефталата (ПЭТ), производством пластмасс для изготовления сырья для аммиака и изготовлением настенных панелей из пластика. Среди других объектов, которые не были субсидированы японским правительством, но действуют на территории эко-города, есть предприятие, перерабатывающее бытовую технику для производства металлолома, и цементный завод для повторного использования



Составлено автором по материалам исследования / Compiled by the author on the materials of the study

Рис. 2. Модель формирования промышленного симбиоза под лидерством некоммерческой организации, участвующей в обмене продуктов вторичной переработки

Fig. 2. Model of the industrial symbiosis formation under the leadership of non-commercial organization participating in resources exchanges

доменного шлака сталелитейной компании. Действующие обмены ресурсами в г. Kawasaki [Dong et al., 2013]:

- металл, централизованно собираемый муниципалитетом, перерабатывается на сталелитейных предприятиях JFE Steelworks и NAS Stainless Steel Mill;
- пластиковый мусор, который также собирается силами муниципалитета, используется Showa Denko при производстве аммиака;
- иловый осадок, пластиковый мусор города, грунт строительных площадок и доменный шлак JFE Steelworks компания DC Cement использует в производстве цемента;
- избыточное тепло DC Cement передается локальному целлюлозно-бумажному заводу (в среднем 50 млн Квт в год).

3. Модель формирования промышленного симбиоза под лидерством коммерческой организации, участвующей в обмене продуктов вторичной переработки

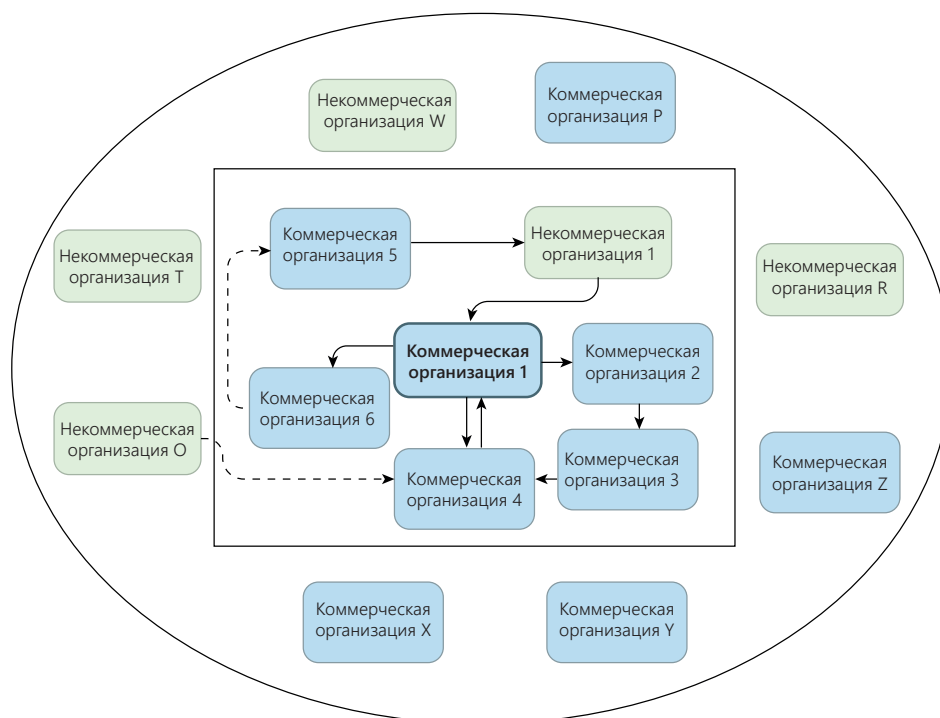
Данная модель также основана на плановом подходе развития ПС. Коммерческая организация является компанией-лидером, она участвует в симбиотических обменах. Лидер не всегда активен в создании цепочек, в которых он не является участником. Однако есть примеры, когда такая организация видит в развитии сторонних 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 ПС. Источниками финансирования также могут быть как бюджетные, так и внебюджетные средства.

На рисунке 3 представлена модель в схематичном виде. В прямоугольнике показан институализированный ПС под лидерством коммерческой организации (под номером 1).

В Новосибирске представлен ПС, развивавшийся по данной модели. В 2006 г. локальный производитель ядра кедрового ореха и кедрового масла начал использовать собственные производственные отходы (скорлупа ореха) в качестве топлива [Petříková et al., 2016]. 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. В дальнейшем компания организовала сбыт собственной ореховой скорлупы в качестве ресурса:

- косметической компании для изготовления скраба;
- производителю специальных добавок в буровые растворы для нефтяных компаний;
- ландшафтными дизайнерами и садоводами для мульчирования почвы.



Составлено автором по материалам исследования / Compiled by the author on the materials of the study

Рис. 3. Модель формирования промышленного симбиоза под лидерством коммерческой организации, участвующей в обмене продуктов вторичной переработки

Fig. 3. Model of the industrial symbiosis formation under the leadership of commercial organization participating in resources exchanges

Еще одним примером развития ПС по указанной модели является город Девца в Словакии. В 1998 г. с начала деятельности компании Agrorev (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: растениеводством (рапс, пшеница, ячмень, овес, кукуруза), скотоводством и овцеводством. Agrorev 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);

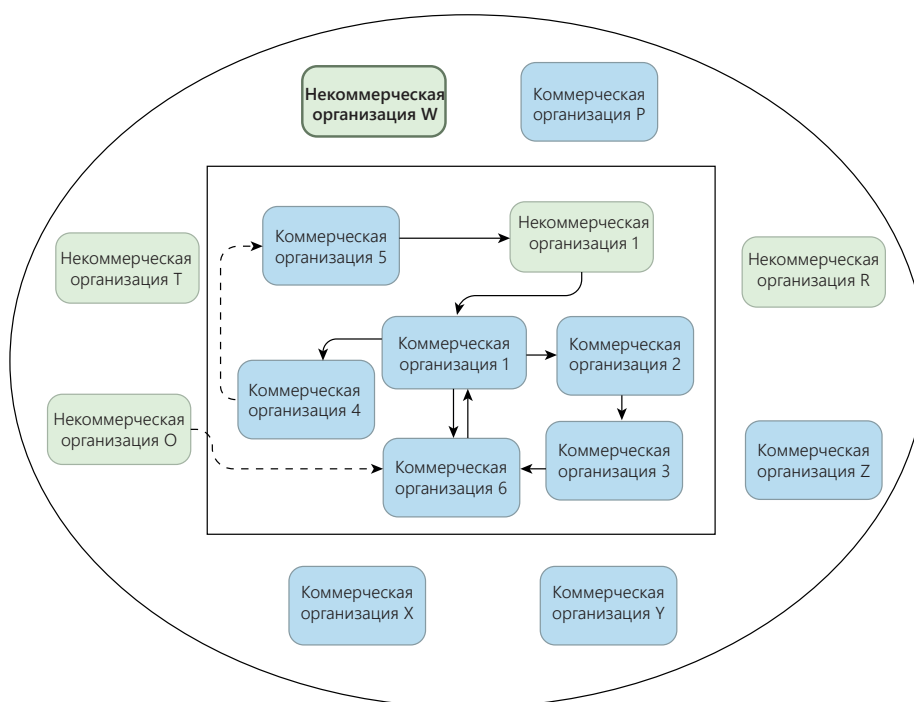
2) переработка сельскохозяйственной и древесной биомассы путем дробления древесной щепы как в коммерческих целях, так и для улучшения грунта, очистки водных каналов и снижения риска затопления (комплекс по производству щепы был также реализован при финансовой поддержке Европейского союза).

4. Модель формирования промышленного симбиоза под руководством некоммерческой организации, не участвующей в обмене продуктов вторичной переработки

Как и в случае со второй и третьей моделями, основой данной модели является 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. У лидера имеется бюджет для ведения работ по развитию ПС. Как правило, это бюджетные источники финансирования, однако возможны и внебюджетные (взносы, пожертвования и прочее).

На рисунке 4 представлена модель в схематичном виде. В прямоугольнике показан устоявшийся ПС под лидерством некоммерческой организации (под буквой W), которая находится за границами цепочек физического обмена ресурсами.

Второй этап развития ПС в городе Калуннборг (1996 г. – настоящее время) может являться примером развития симбиоза по указанной выше модели



Составлено автором по материалам исследования / *Compiled by the author on the materials of the study*

Рис. 4. Модель формирования промышленного симбиоза под лидерством некоммерческой организации, не участвующей в обмене продуктов вторичной переработки

Fig. 4. Model of the industrial symbiosis formation under the leadership of non-commercial organization not participating in resources exchanges

[Valentine, 2016]. 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;
- серу после сероочистки на НПЗ отправляют на производство серной кислоты и другое.

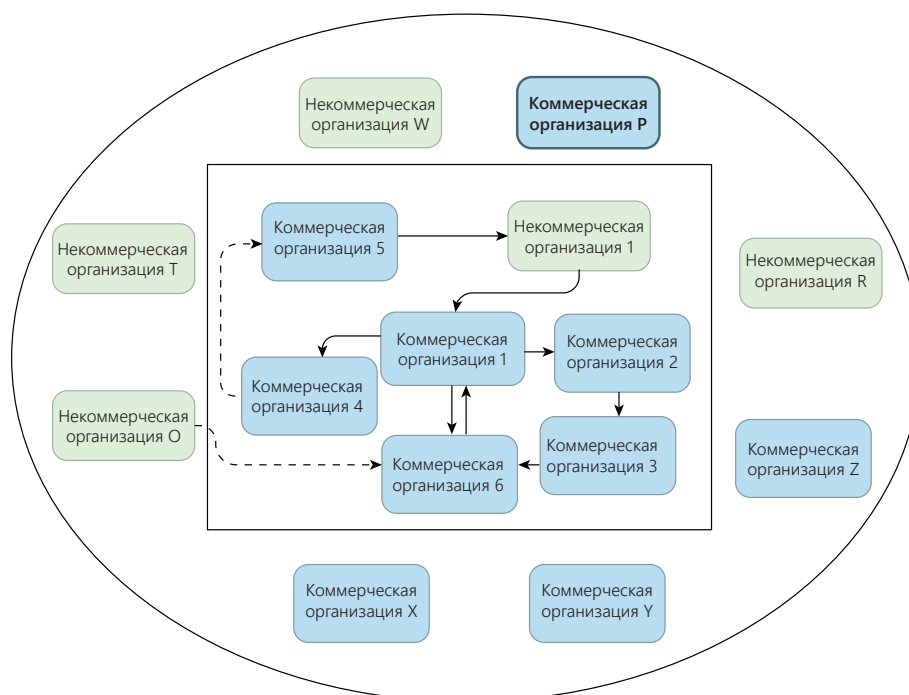
В этот же год появляется центр Kalundborg Symbiosis, организованный компаниями, участвующими в симбиотических цепочках. Стратегическими целями данной организации стали:

- 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;
- нацеленность на охват всех ресурсов компаний-партнеров: все водные, энергетические и материальные потоки партнеров являются частью анализа центра и симбиоза;
- продвижение идеи промышленного симбиоза: накопление знаний, проведение конференций и практических семинаров как на локальном/региональном, так и международном уровнях.

5. Модель формирования промышленного симбиоза под лидерством коммерческой организации, не участвующей в обмене продуктов вторичной переработки

Данная модель также основана на плановом подходе к развитию ПС. В отличие от предыдущей модели, лидером симбиоза является коммерческая организация, которая напрямую не участвует в обменах ресурсами. Как правило, это дополнительная деятельность для коммерческой структуры. Среди причин для коммерческой организации выполнять функции драйвера развития ПС – выявление новых направлений бизнеса (диверсификация доходов); создание инновационных продуктов; поиск партнеров, развитие собственного бренда для улучшения взаимодействия с текущими бизнес-партнерами, клиентами и т.д. Источниками финансирования для выполнения функций лидера ПС могут являться маркетинговый бюджет предприятия, целевой грант или субсидия, а также поступления денежных средств за оказание услуг по управлению симбиозом. На рисунке 5 в схематичном виде представлена описываемая модель.

ПС, развиваемый компанией Tugeman Group в Северо-Западном федеральном Округе Российской Федерации, на первых этапах своего участия в международном проекте «Балтийский Промышленный



Составлено автором по материалам исследования / Compiled by the author on the materials of the study

Рис. 5. Модель формирования промышленного симбиоза под лидерством коммерческой организации, не участвующей в обмене продуктами вторичной переработки

Fig. 4. Model of the industrial symbiosis formation under the leadership of commercial organization not participating in resources exchanges

Симбиоз» программы «Интеррег. Регион Балтийского моря», может являться одним из примеров практической реализации данной модели³.

Компания была участником проекта со второй половины 2019 г. по 2021 г. Проект инициировался для продвижения идеи ПС в странах региона Балтийского моря, в том числе через установление деловых контактов и формирование кооперации на принципах ПС. В проекте принимали участие тринадцать организаций из шести стран: Дания, Норвегия, Финляндия, Швеция, Польша, Россия. Среди участников были Symbiosis Center Denmark (Калуннборг, Дания), Технопарк Digipolis (Кеми, Финляндия), Ассоциация предприятий целлюлозно-бумажной промышленности Paper Province (Карлстад, Швеция), университеты Линчепинга (Швеция) и Роскилле (Дания), а также Политехнический университет Гданьска (Польша). Tyreman Group — единственная коммерческая организация, принимавшая участие в проекте. Основными мотивами ее участия в качестве лидера ПС являются возможность диверсификации собственного бизнеса и укрепление отношений с текущими клиентами в долгосрочной перспективе⁴.

Во второй половине 2019 г. — первой половине 2020 г. Tyreman Group проводила поисковые исследования (глубинные интервью, скрининг/анкетирование, деловые встречи, создание Живой лаборатории — площадки для проведения тестов потенциальных цепочек, экспериментов и эмпирических исследований). Компания занималась выявлением предприятий, заинтересованных в обменах продуктами вторичной переработки, а также оказывала организационное содействие проведению практических тестов. В тот период Tyreman Group не планировала напрямую участвовать в симбиотических цепочках. Всего было организовано 20 тестов, в том числе:

- кофейный жмых кофейен Санкт-Петербурга для выращивания грибов и производства топливных брикетов;
- отсев щебня горнодобывающего предприятия в Карелии в качестве замены песка в производстве уличной мебели;
- пищевые отходы пивоварен, кофейен и завода по производству готовой еды в производстве комбикормов;

• пластик биомедицинской компании и завода по производству молочной продукции в производстве уличной мебели и другое.

Некоторые тестовые цепочки оказались успешными с точки зрения технологической реализуемости (например, отсев щебня в производстве уличной мебели, пищевые отходы пивоварен в производстве комбикормов). В дальнейшем Tyreman Group принимала участие в тестах как один из участников:

- отработанный текстиль, использовавшийся ранее компанией для хранения товарной продукции, передан переработчику для изготовления товаров для дома (например, подушки, матрасы, одеяла и другое);
- собранный пластик отправлен изготовителю для производства интерьерных панелей;
- кофейный жмых использован для выращивания грибов в организованной силами компании теплице.

В дополнение к формируемым обменам ресурсами между существующими предприятиями Tyreman Group содействует запуску нескольких новых бизнесов на принципах ПС:

- органическая ферма по производству вешенок;
- многоразовая посуда из кофейного жмыха;
- сервис по вывозу раздельных отходов из магазинов Санкт-Петербурга.

Подводя итог, в рамках самоорганизующейся модели рассматриваемые процессы характеризуются хаотичностью. При развитии ПС под руководством коммерческой или некоммерческой организации, которые непосредственно участвуют или не участвуют в ПС, можно наблюдать нацеленность на структурированность и контролируемость процессов. В то же время исследование демонстрирует наличие существенных различий в приоритетах и подходах, которые используют коммерческие и некоммерческие организации при формировании ПС. Также практические примеры раскрывают возможные различия в имеющихся ресурсах между двумя типами организаций и достигаемыми экономическими и экологическими эффектами.

Заключение / Conclusion

В статье представлены результаты исследования моделей формирования ПС на основе российского и зарубежного опыта. Автором настоящей статьи были сформулированы пять моделей, применяемых на практике. Исследование показало, что при плановом подходе развития ПС всегда имеется некоторый лидер, который наделен соответствующими полномочиями. Примечательно, что данную функцию может выполнять как некоммерческая (в случае с эко-городом Кавасаки в Японии — это государственная организация, а, например, в датском

³ Tyreman Group. Балтийский промышленный симбиоз. Режим доступа: <https://tyreman.ru/bis> (дата обращения: 20.12.2022).

⁴ Lasthein M.K., Lingås D.B., Johansen L.M. (2021). Guide for Industrial Symbiosis facilitators. Режим доступа: http://www.symbiosis.dk/wp-content/uploads/2021/03/Guide-for-IS-facilitators_online2.pdf (дата обращения: 20.12.2022).

Калуннборге с началом второго этапа развития ПС — частная), так и коммерческая организации.

Разработанные модели демонстрируют различия в приоритетах и подходах, имеющихся ресурсах и достигаемых эффектах при развитии ПС в зависимости от формы организации-лидера. Выявленные особенности могут стать основой для дальнейших

исследований. В частности, это может оказаться полезным для определения наиболее эффективных моделей развития в ПС в определенных условиях. Представленные в статье результаты могут быть использованы профильными специалистами при планировании и развитии промышленного симбиоза.

Список литературы

Бобылев С.Н. (2017). Устойчивое развитие: парадигма для будущего // *Мировая экономика и международные отношения*. Т. 61, № 3. С. 107–113. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2017-61-3-107-113>

Богачева О.В., Смородинов О.В. (2017). Проблемы «зеленого» финансирования в странах G20 // *Мировая экономика и международные отношения*. Т. 61, № 10. С. 16–24. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2017-61-10-16-24>

Бурцева Т.А., Савельев А.А. (2017). Результативность создания индустриальных парков в регионах России // *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*. № 1 (49). Номер статьи: 4922. Режим доступа: <https://eee-region.ru/article/4922/> (дата обращения: 20.12.2022).

Валько Д.В. (2018). Циркулярная экономика: теоретическая модель и эффекты реализации // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. Т. 14, № 8 (365). С. 1415–1429. <https://doi.org/10.24891/ni.14.8.1415>

Закинчак Г.Н., Закинчак А.И., Золотов И.А. (2011). Методы концептуального анализа в исследовании и проектировании социально-экономических систем // *Экономика образования*. № 5. С. 64–67.

Липина С.А., Агапова Е.В., Липина А.В. (2016). Зеленая экономика. Глобальное развитие. М.: Проспект. 171 с.

Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. (2017). Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. Т. 33, № 2. С. 244–268. <https://doi.org/10.21638/10.21638/11701/spbu05.2017.203>

Уткина Е.Э. (2020). Анализ и классификация способов оценки промышленно-симбиотических взаимодействий // *Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова*. Т. 17, № 5. С. 26–41. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2020-5-26-41>

Baas L.W., Boons F.A. (2004). An industrial ecology project in practice: exploring the boundaries of decision-making levels in regional industrial systems // *Journal of cleaner production*. V. 12, no. 8–10. Pp. 1073–1085. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.005>

Braungart M., McDonough W. (2002). *Cradle to cradle: Remaking the Way We Make Things*. Albany: North Point Press. 208 p.

References

Baas L.W., Boons F.A. (2004), “An industrial ecology project in practice: exploring the boundaries of decision-making levels in regional industrial systems”, *Journal of cleaner production*, vol. 12, no. 8–10, pp. 1073–1085, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.005>

Bobylev S.N. (2017), “Sustainable development: paradigm for the future”, *World Economy and International Relations (MEMO Journal)*, vol. 61, no. 3, pp. 107–113, <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2017-61-3-107-113>, (in Russian).

Bogacheva O.V., Smorodinov O.V. (2017), “Challenges to green finance in G20 countries”, *World Economy and International Relations (MEMO Journal)*, vol. 61, no. 10, pp. 16–24, <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2017-61-10-16-24>, (in Russian).

Braungart M., McDonough W. (2002), *Cradle to cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press, Albany, USA.

Burceva T.A., Savelev A.A. (2017), “Effectiveness of creation of industrial parks in the regions of Russia”, *Regional economy and management: electronic scientific journal*, no. 1 (49). Art. num. 4922. Available at: <https://eee-region.ru/article/4922/> (accessed 20.12.2022), (in Russian).

Chertow M.R. (2007), “‘Uncovering’ industrial symbiosis”, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 11, no. 1, pp. 11–30, <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>

Chertow, M., Ehrenfeld, J. (2012), “Organizing self-organizing systems”, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 16, no. 1, pp. 13–27, <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00450.x>

Chertow M., Park J. (2016), *Scholarship and practice in industrial symbiosis: 1989–2014*. In: Clift R., Druckman A. (eds.) *Taking stock of industrial ecology*, Springer, Cham, pp. 87–116, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-20571-7_5

Dong L., Zhang H., Fujita T., Ohnishi S., Li H., Fujii M., Dong H. (2013), “Environmental and economic gains of industrial symbiosis for Chinese iron/steel industry: Kawasaki’s experience and practice in Liuzhou and Jinan”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 59, no. 11, pp. 226–238, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.048>

Jacobsen N.B. (2006), “Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects”, *Journal of industrial ecology*, vol. 10, no. 1–2, pp. 239–255, <https://doi.org/10.1162/108819806775545411>

Lipina S.A., Agapova E.V., Lipina A.V. (2016), *Green economy. global development [Zelenaiia ekonomika. Globalnoe razvitiie]*, Prospekt, Moscow, Russia (in Russian).

- Chertow M.R. (2007). “Uncovering” industrial symbiosis // *Journal of Industrial Ecology*. V. 11, no. 1. Pp. 11–30. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>
- Chertow, M., Ehrenfeld, J. (2012). Organizing Self-Organizing Systems // *Journal of Industrial Ecology*. V. 16, no. 1. Pp. 13–27. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00450.x>
- Chertow M., Park J. (2016). Scholarship and practice in industrial symbiosis: 1989–2014 // *Taking stock of industrial ecology* / Clift R., Druckman A. (eds.). Springer, Cham. Pp. 87–116. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-20571-7_5
- Dong L., Zhang H., Fujita T., Ohnishi S., Li H., Fujii M., Dong H. (2013). Environmental and economic gains of industrial symbiosis for Chinese iron/steel industry: Kawasaki’s experience and practice in Liuzhou and Jinan // *Journal of Cleaner Production*. V. 59, no. 11. Pp. 226–238. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.048>
- Jacobsen N.B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects // *Journal of industrial ecology*. V. 10, no. 1–2. Pp. 239–255. <https://doi.org/10.1162/108819806775545411>
- Lombardi R., Lyons D., Shi H., Agarwal A. (2012). Industrial symbiosis: testing the boundaries and advancing knowledge // *Journal of Industrial Ecology*. V. 16, no. 1. Pp. 1–18. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00455.x>
- Mirata M., Pearce R. (2006). Industrial symbiosis in the UK // *Industrial ecology and spaces of innovation*. № January. Pp. 77–105.
- Petríková K., Borseková K., Blam I. (2016). Industrial symbiosis in European policy: overview of recent progress // *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Oeconomica*. V. 2, no. 8. <http://dx.doi.org/10.18778/0208-6018.320.07>
- Schwarz E.J., Steininger K.W. (1997). Implementing nature’s lesson: the industrial recycling network enhancing regional development // *Journal of cleaner production*. V. 5, no. 1–2. Pp. 47–56.
- Valentine S.V. (2016). Kalundborg Symbiosis: Fostering progressive innovation in environmental networks // *Journal of Cleaner Production*. V. 118. Pp. 65–77. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.061>
- Van Berkel R., Fujita T., Hashimoto S., Geng Y. (2009). Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town program 1997–2006 // *Journal of Environmental Management*. V. 90, no. 3. Pp. 1544–1556. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.010>
- Yu C., Davis C., Dijkema, G.P.J. (2014). Understanding the Evolution of Industrial Symbiosis Research // *Journal of Industrial Ecology*. V. 18, no. 2. Pp. 280–293.
- Lombardi R., Lyons D., Shi H., Agarwal A. (2012). “Industrial symbiosis: testing the boundaries and advancing knowledge”, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 16, no. 1, pp. 1–18. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00455.x>
- Mirata M., Pearce R. (2006), “Industrial symbiosis in the UK”, *Industrial ecology and spaces of innovation*, no. January, pp. 77–105.
- Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A. (2017), “Transition to circular economy and closedloop supply chains as driver of sustainable development”, *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, vol. 33, no. 2, pp. 244–268, <https://doi.org/10.21638/10.21638/11701/spbu05.2017.203>, (in Russian).
- Petríková K., Borseková K., Blam I. (2016), “Industrial symbiosis in European policy: overview of recent progress”, *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Oeconomica*, vol. 2, no. 8, <http://dx.doi.org/10.18778/0208-6018.320.07>
- Schwarz E.J., Steininger K.W. (1997), “Implementing nature’s lesson: the industrial recycling network enhancing regional development”, *Journal of cleaner production*, vol. 5, no. 1–2, pp. 47–56.
- Utkina E.E. (2020), “Analyzing and classifying ways of assessing industrial-symbiotic interactions”, *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, vol. 17, no. 5, pp. 26–41, <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2020-5-26-41>, (in Russian).
- Valentine S.V. (2016), “Kalundborg Symbiosis: Fostering progressive innovation in environmental networks”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 118, pp. 65–77, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.061>
- Valko D.V. (2018), “Circular economy: A theoretical model and implementation effects”, *National Interests: Priorities and Security*, vol. 14, no. 8 (365), pp. 1415–1429, <https://doi.org/10.24891/ni.14.8.1415>, (in Russian).
- Van Berkel R., Fujita T., Hashimoto S., Geng Y. (2009), “Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town program 1997–2006”, *Journal of Environmental Management*, vol. 90, no. 3, pp. 1544–1556, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.010>
- Yu C., Davis C., Dijkema, G.P.J. (2014), “Understanding the Evolution of Industrial Symbiosis Research”, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 18, no. 2, pp. 280–293.
- Zakinchak G.N., Zakinchak A.I., Zolotov I.A. (2011), “Methods of conceptual analysis in the study and design of socio-economic systems”, *Economics of education*, no. 5, pp. 64–67, (in Russian).