

Промышленный симбиоз в системе межфирменной кооперации: лучшие практики

Industrial symbiosis in the system of inter-firm cooperation: best practices

doi 10.26310/2071-3010.2020.259.5.009



А. Л. Белых,

аспирант, кафедра экономики и управления в сфере услуг, программа аспирантуры «Экономика», Санкт-Петербургский государственный экономический университет/менеджер проектов, бизнес-инкубатор «Ингрия», АО «Технопарк Санкт-Петербурга»
✉ alexbelikh@gmail.com

A. L. Belykh,

PhD student, PhD program «Economics», St. Petersburg state university of economics/projects' manager, Ingria business incubator, St. Petersburg technopark

В статье приводятся результаты исследования четырех международных и двух российских практик реализации промышленного симбиоза. В исследовании определены отрасли, в которых вероятнее формирование промышленных симбиотических цепочек, выявлены типы моделей формирования таких цепочек и наличие зависимости экологического эффекта от количества используемых конечных продуктов в симбиозе.

The article presents the results of a study of four international and two Russian practices of industrial symbiosis implementation. The study identified the industries that are most likely to form industrial symbiotic chains, identified models of such chains formation and the presence of a dependence of environmental effect on the number of end-products used in the symbiosis.

Ключевые слова: межфирменная кооперация, циркулярная экономика, промышленный симбиоз, промышленные симбиотические цепочки, модели формирования промышленного симбиоза.

Keywords: inter-firm cooperation, circular economy, industrial symbiosis, industrial symbiosis chains, models of industrial symbiosis chains formation.

Введение

Сохранение окружающей среды с одновременной нацеленностью большинства экономик мира на достижение экономического роста обсуждается обществом достаточно давно. Эта глобальная дискуссия ведется как на уровне отдельных экспертов, так и на уровне национальных и международных институтов [1, 18].

Одним из результатов дискуссий стала концепция устойчивого развития, которая разрабатывалась в течение нескольких десятилетий. Начало формирования концепции относят к 1972 г. и связывают с докладом Д. Медоуза «Пределы роста», опубликованного им совместно с коллегами по Римскому клубу, в котором авторы представили результаты компьютерного моделирования роста потребления ресурсов в контексте трендов увеличения количества населения. Согласно выводам авторов доклада, при сохранении современных тому времени тенденций производства и потребления, негативной нагрузки на окружающую среду, увеличения населения и т. д., пределы роста будут достигнуты в XXI веке, а результатом станет резкое падение численности населения и стагнация производства и экономики в целом. Д. Медоуз с коллегами указывали, что предотвратить глобальную катастрофу возможно лишь при условии перехода от неконтролируемого роста к глобальному равновесию для удовлетворения основных материальных потребностей и реализации творческого потенциала каждого человека. Развитие идей первого доклада Римскому клубу происходит перманентно и в 2018 г. был выпущен новый доклад к 50-летию создания самого Римского клуба, согласно которому проблема устойчивого развития не снимается с повестки дня мирового сообщества, а скорее обостряется в новых условиях социально-экономического развития [7].

Параллельно с развитием концепции устойчивого развития начала активно развиваться модель циркулярной экономики, в основе которой лежит идея максимально эффективного использования имеющихся у общества ресурсов и минимального (на уровне необходимого) изъятия их из природной среды [4]. 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.

С начала развития идей циркулярной экономики авторами инициатив, призванных достичь цели концепции, применяются различные методы и формы. Одним из практических примеров реализации данных идей стал промышленный симбиоз. В его основу положен следующий принцип: отходы одного предприятия являются ресурсами для другого. Первые исследования, раскрывающие принципы и начавшие формирование концепции промышленного симбиоза, появились в 1980-х гг. [11]. В то же самое время, развитие промышленных предприятий и территорий, ставших основой первых практик реализации, было начато в конце 1950-х гг. [23].

Промышленный симбиоз, являясь одной из форм межфирменной кооперации [6], 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 [3]. В одном из определений, получивших распространение в научной литературе, промышленный симбиоз характеризуется как «процесс, объединяющий традиционно

независимые отрасли в единый организм с целью получения конкурентных преимуществ за счет обмена материалами, энергией, водой, отходами и побочными продуктами производства», при этом акцент делается на «возникающие ввиду географической близости синергетические возможности» [11].

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, рыболовецких хозяйств, пивоварен и т. п. [15]. 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 компаниями.

Выделяются два основных типа моделей возникновения, формирования и развития симбиотических цепочек [11]:

1. Самоорганизующаяся (спонтанная) модель характеризуется созданием промышленной экосистемы по инициативе представителей компаний, заинтересованных в обмене ресурсами для снижения затрат, увеличения доходов или расширения бизнеса. Подобная инициатива, как правило, реализуемая в виде небольшого пилотного проекта, проходит апробацию в рыночных условиях. В случае успешной реализации и сохранения заинтересованности участников процесса симбиотические цепочки могут расширяться.
2. Запланированная модель базируется на целенаправленных действиях и усилиях по выявлению компаний из разных отраслей и их размещению в территориальной близости друг к другу для организации совместного использования ресурсов. Как правило, для формирования подобных систем создаются рабочие группы, состоящие из представителей различных организаций и субституций, в том числе государственных, которые содействуют созданию симбиотических цепочек через такие инструменты, как планирование землепользования, зонирование, предоставление грантов или долгосрочного финансирования.

Методы исследования

Для исследования зарубежной и российской практики промышленного симбиоза были выбраны в качестве примеров ряд симбиозов с наиболее развернутой 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.

В рамках исследования была собрана информация о функционировании шести промышленных симбиозов, среди которых: центр Kalundborg Symbiosis (Дания), агропромышленный кооператив в Детва (Словакия), экогород Kawasaki (Япония), промышленный симбиоз в Стенунгсунде (Швеция), симбиотическая сеть в Новосибирске (Россия) и проект «Северная Креветка» (Россия).

Для определения параметров анализа был исследован предыдущий опыт изучения практик построения и функционирования промышленных симбиозов:

1. K. Petříková, K. Borseková, I. Blam, анализирующие европейский (в Дании и Словакии) и российский опыт, анализируют симбиотические практики по таким параметрам, как [19]:

- страна;
- город;
- год начала формирования кооперационных цепочек;
- модель формирования кооперационных цепочек;
- количество участников промышленного симбиоза;
- сферы деятельности участников промышленного симбиоза;
- способы использования отходов/продуктов в цепочке.

2. L. Vaas в своей работе исследует две симбиотические цепочки в Голландии и Швеции с точки зрения типа модели, использованной при формировании промышленного симбиоза на определенной территории (в Швеции промышленный симбиоз был сформирован в рамках самоорганизующейся модели, в Голландии — запланированной) [9]. Приведенный в статье анализ показывает, что результативность построения партнерских связей в шведском регионе Эстергетланд оказалась выше, а создаваемые связи крепче, нежели в Роттердаме, несмотря на то, что в первом случае было затрачено больше времени на планирование и построение партнерства.

Фактографические данные о деятельности отобранных для анализа симбиозов были структурированы по 9 определенным автором критериям, что позволило провести сравнение промышленных симбиозов как с точки зрения отраслевой принадлежности участников процесса, так и с позиции достигаемого экологического эффекта.

Результаты были обобщены и представлены в виде аналитических многофакторных и двухфакторных матриц.

Центр Kalundborg Symbiosis

Классическим примером промышленного симбиоза называют центр Kalundborg Symbiosis, расположенный в Дании, в г. Калуннборг [10].

История центра началась в 1959 г. с запуска электростанции Ørsted (ранее Asnæs). Формирование симбиоза не было первоначальной целью владельцев электростанции, но поскольку на первоначальном

этапе менеджмент предприятия столкнулся с низкой эффективностью производства — до 60% получаемого тепла не использовалось по назначению, а выбрасывалось в атмосферу, была поставлена задача поиска механизмов повышения операционной эффективности.

Анализ ситуации на рынке показал, что нефтеперерабатывающий завод (НПЗ) компании Equinor (ранее Statoil) в Калуннборге выбрасывал большие объемы горючих газов. Если попытаться объединить усилия по их очистке, то появлялась возможность достижения позитивных экологических и экономических эффектов.

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 тепла Equinor Ørsted. Данное взаимодействие позволило электростанции снизить объем потребляемого угля для генерации электроэнергии.

Параллельно в 1970-х гг. компания Гургос построила завод по производству гипсовых плит и газопровод, по которому проводилась поставка горючего по относительно низкой цене с НПЗ Equinor. Также была организована поставка гипса, получаемого после известковой очистки отходящих газов электростанции Ørsted, который используется на заводе, обеспечивая более двух третей потребности в сырье для производства гипсовых изделий.

Технические решения и производственные цепочки разделения ресурсов в Калуннборге постепенно расширялись, в том числе за счет вхождения в симбиотические сети локальных предприятий, решающих как собственные задачи, так и задачи территории в целом. Например, дефицит подземных вод привел к появлению современной водопроводной сети повторного использования, связывающей несколько предприятий. В частности, ежегодно 700 тыс. м³ воды, используемой компанией Equinor для охлаждения агрегатов, повторно используется электростанцией Ørsted. Постепенно в городе начали формироваться новые цепочки обмена ресурсами:

- шлам с фармацевтического завода и ил после очистки воды прудов, предназначенных для разведения рыбы, начали применять в качестве удобрения на растениеводческих фермах;
- цементный завод стал использовать для своих нужд золу, получаемую от сжигания угля электростанцией;
- серу после сероочистки на НПЗ отправляют на производство серной кислоты;
- избыточные дрожжи от производства инсулина идут на корм для свиней.

Согласно оценкам, опубликованным в 2011 г., благодаря действующим симбиотическим сетям были достигнуты следующие результаты [13]:

1. 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.

2. Предотвращено отходов:
 - углекислого газа (CO₂) — 64,5 тыс. т;
 - двуокиси серы (SO₂) — 53 т;
 - оксида азота (NOx) — 89 т.

Сегодня экосистема центра объединяет многих партнеров. Предприятия, участвующие в симбиотических цепочках в Калуннборге:

1. Электростанция Ørsted (ранее Asnaes) мощностью 1500 МВт (крупнейшая в Дании, работающая на угле).
2. Крупнейший в Дании НПЗ Statoil (с 2018 г. — Equinor) мощностью 4,8 млн т в год.
3. Завод гипсовых плит компании Гургос, производящий 14 млн м² продукции ежегодно.
4. Фармацевтический завод международной биотехнологической компании Novo Nordisk с ежегодным оборотом более \$2 млрд.
5. Novozymes — 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. Муниципалитет города Калуннборг с населением в 20 тыс. человек, которые (как и предприятия города) нуждаются в тепле и горячей воде.

Экономический результат деятельности Центра ежегодно составляет — до \$15 млн (с учетом инвестиций — более \$78 млн), а общий эффект к настоящему времени оценивается в \$310 млн.

Промышленный симбиоз в Стенунгсунде

Формирование промышленных симбиотических цепочек в городе Стенунгсунд (Швеция) началось в 1960-х гг. с начала открытия первых предприятий химической промышленности [19]. На сегодняшний день в городе ведут свою деятельность такие компании данной отрасли:

1. Vorealis — 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 (бывш. INEOS ChlorVinyls Sweden) — одна из крупнейших химических компаний Европы, в которой работает 4300 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 (бывш. Akzo Nobel) — крупный мировой производитель лакокрасочных покрытий. В Стенунгсунде организация производит амины и поверхностно-активные вещества.
5. Aga Gas — предприятие, производящее кислород, углекислый газ, аргон и газообразный азот. Получаемые продукты используются в пищевой промышленности и металлообработке.
6. Муниципалитет г. Стенунгсунд с населением 10 тыс. чел., использующий избыточное тепло предприятий для нужд населения.

В рамках промышленного симбиоза города Стенунгсунд существуют следующие цепочки обмена ресурсами:

1. Излишки топливного газа и этилена с крекинг-завода компания Borealis поставляет на предприятия (помимо собственных заводов в городе) Perstorp, Inovyn и Nouryon.
2. Производимый пропилен Borealis передает предприятию Perstorp.
3. Неиспользуемое тепло компаний Borealis и Perstorp направляется в местную сеть централизованного теплоснабжения, которая обеспечивает теплом муниципалитет Стенунгсунд.
4. Nouryon является поставщиком воздуха для Aga Gas.
5. Поставкой водородного газа на крекинг-завод Borealis занимается Inovyn.

Согласно оценкам, опубликованным в 2013 г., в рамках промышленного симбиоза ежегодно экономится 424 тыс. т топливного газа, что позволяет предотвращать ежегодные выбросы не менее 1,15 млн т углекислого газа (CO_2). Общий объем тепла, поставляемого химическими компаниями в системы местного теплоснабжения, составляет 74 ГВт/ч в среднем в год [8].

Экогород 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 [21]. Согласно данной инициативе, на территории страны развивается 26 проектов экогородов, в число которых входит Кавасаки.

Промышленные предприятия города, являвшегося одним из драйверов экономического роста Японии в 1960-1970-х гг., стали причиной серьезных экологи-

ческих проблем, для решения которых и был запущен национальный проект на базе индустриальной зоны Keihin Industrial Zone [14].

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 настенных панелей из пластика. Среди других объектов, которые не были субсидированы японским правительством, но действующие на территории экогорода, входят предприятие, перерабатывающее бытовую технику для производства металлолома, и цементный завод для повторного использования доменного шлака сталелитейной компании.

На сегодняшний день в Кавасаки существуют следующие симбиотические цепочки [15]:

1. Собираемый муниципалитетом металл (в том числе из старой бытовой техники) используется сталелитейными предприятиями JFE Steelworks и NAS Stainless Steel Mill в собственной производственной цепочке.
2. Муниципалитет города Кавасаки направляет собираемый пластиковый мусор на предприятие Showa Denko, который используется в производстве аммиака.
3. Собираемые пластиковый мусор, иловый осадок, избыточный грунт строительных площадок и доменный шлак JFE Steelworks используются компанией DC Cement для производства цемента. Избыточное тепло предприятие передает бумажному заводу (в среднем 50 млн кВт в год). В Кавасаки ежегодно перерабатываются [17]:
 - 196 тыс. т металла;
 - 29 тыс. т бытовой техники;
 - 127,8 тыс. т пластика;
 - 70,7 тыс. т избыточного грунта строительных площадок;
 - 175 тыс. т илового осадка;
 - 123 тыс. т доменного шлака;
 - 84 тыс. т бумажных отходов.

Сегодня экосистема города объединяет несколько крупных партнеров [20]:

1. JFE Holdings — японская сталелитейная корпорация. На территории Кавасаки действуют сталелитейный завод JFE Steelworks, а также предприятия по переработке люминесцентных лам, 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 для производства туалетной бумаги.
4. PET Refine Technology Ltd. — государственное предприятие, занимающееся переработкой полиэтилентерефталата в Кавасаки для повторного пользования.
5. Showa Denko — одна из ведущих химических компаний в Японии. В Кавасаки действует пред-

приятие, 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.

Экономическая выгода промышленного симбиоза в Кавасаки ежегодно составляет \$130 млн [12].

Агропромышленный кооператив в Детва

Одним из примеров реализации промышленного симбиоза в Восточной Европе является город Детва (Словакия) [19].

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.

Agrorev использует собственные продукты и отходы в производственном процессе. Сельскохозяйственные культуры не только продаются конечным покупателям, но и используются в качестве корма для животных и сырья для двух биогазовых станций, построенные в 2009 и 2012 гг. мощностью 2 МВт и 1 МВт, соответственно.

Еще одним видом деятельности компании является переработка сельскохозяйственной и древесной биомассы путем дробления древесной щепы. Компания локализовала технологию и приобрела оборудование для измельчения веток, черенков, а также деревьев диаметром 70 см. Суточная выработка перерабатывающего комплекса составляет до 200 т древесной стружки. Установка используется как в коммерческих целях, так и для улучшения эксплуатации грунта, очистки водных каналов и снижения риска затопления.

Реализация принципов промышленного симбиоза в городе Детва проводилась с помощью государства. Строительство биогазовых установок и комплекса по производству щепы были реализованы при финансовой поддержке Европейского союза.

Ключевые участники промышленного симбиоза в городе Детва:

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.

Симбиотическая сеть в Новосибирске

Один из примеров промышленного симбиоза в России начал свое развитие в 2006 г. в Новосибирске [3]. Руководство предприятия, являвшегося 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.

В дальнейшем компанией была изучена возможность и начата деятельность по сбыту собственных промышленных отходов (ореховая скорлупа) в качестве ресурса.

Текущие 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 среднем около 2000 т в год ореховой скорлупы производитель кедрового ореха использует для своих нужд на производственных предприятиях в Новосибирске и Барнауле, а также поставляет в качестве конечного продукта и сырья компаниям, входящих в симбиотические цепочки.

Проект «Северная креветка»

Одним из примеров промышленного симбиоза может стать «Северная креветка», совместный проект шести резидентов бизнес-инкубатора «Ингрия», АО «Технопарк Санкт-Петербурга» [2].

Данная инициатива была впервые сформулирована в рамках последовательной работы направления «Трансфер технологий» бизнес-инкубатора «Ингрия» по интеграции отдельных успешных проектов посредством формирования промышленно-производственных цепочек. Суть идеи заключается в объединении инновационных технологических проектов для повышения конкурентоспособности и разумного использования природных ресурсов, облегчения внедрения новых технологий и, в конечном итоге, улучшения экологической обстановки и повышения качества жизни. Инициатива получила название «Эколенд».

Проектом «Эколенд» может стать отдельный дом, поселок, квартал и даже город. Такой подход можно применять как к социальным, так и к промышленным объектам.

На данный момент устойчиво развивается только промышленный вариант «Эколенда» — «Северная креветка», который занимается проектированием, строительством и развитием сети акваферм по выращиванию креветки.

В проекте участвуют 6 компаний-резидентов и выпускников резидентуры бизнес-инкубатора «Ингрия»:

- «Северная креветка» — общее руководство, технологии, know how, инжиниринг, инвестиции, развитие;
- «Tugeman Group» — предоставление земельного участка, производственных помещений, со-инвестирование;
- «Инвайро» — тепло и электричество от утилизации бывших в употреблении автомобильных шин;
- «Иннокор» — автоматизированные энергоэффективные светодиодные системы;
- «ТВЭЛЛ» — автоматизированная система очистки оборотной воды от взвесей;
- «НЕО+» — разработка и производство гидрофобизирующих составов.

Проект развивается, основываясь на принципах циркулярной экономики и промышленного симбиоза. В производственную цепочку планируется включить не только отходы жизнедеятельности креветок в качестве удобрений для теплиц по выращиванию спаржи, но и транспортные предприятия Санкт-Петербурга и Ленинградской области, а также местный мясокомбинат.

С января 2019 г. вступил в силу запрет на захоронение автомобильных шин [5], который вынудил производителей и потребителей шин поставлять «Инвайро» старые шины, чтобы избежать крупных штрафов. Шины будут использоваться в качестве топлива для подачи тепла и электричества на акваферму.

Одна из важнейших установок участников совместного проекта, — это экологическая безопасность. Например, выбросы в атмосферу при сжигании шин на установках «Инвайро» не несут отрицательного влияния на окружающую среду, а автоматизированные системы «ТВЭЛЛ» для промывки используют всего 0,5% от общего объема фильтруемой воды, тогда как в песчаных фильтрах эта цифра достигает 40%.

Пилотная акваферма «Северной Креветки» мощностью 4 т креветки в год была запущена в мае 2019 г. Ожидается, что выход на полную мощность (200 т в год) будет произведен к 2022 г. С развитием аквафермы планируется производство дополнительных побочных продуктов: удобрения для реализации сельскохозяйственным предприятиям и овощи, выращенные в теплицах.

	Центр Kalundborg Symbiosis	Промышленный симбиоз в Стенунгсунде	Промышленный симбиоз Эко-города Кавасаки	Агропромышленный кооператив Детва	Симбиотическая сеть в Новосибирске	Проект «Северная креветка»
1. Страна и город	Дания, Калундборг	Швеция, Стенунгсунд	Япония, Кавасаки	Словакия, Детва	Россия, Новосибирск	Россия, Санкт-Петербург
2. Год начала	1959	1960-е	1997	1998	2006	2018
3. Модель формирования промышленного симбиоза	Смешанная	Смешанная	Запланированная	Самоорганизующаяся	Самоорганизующаяся	Смешанная
4. Лидер формирования промышленного симбиоза	Государственные и частные компании	Частные компании	Государство	Частная компания	Частная компания	Государственная и частная компании
5. Финансирование	Государственное и частное	Государственное и частное	Государственное и частное	Государственное и частное	Частное	Государственное и частное
6. Количество участников	9	6	7	3	4	6
7. Количество конечных продуктов в цепочке	Более 15	6	Более 10	Более 10	4	3
8. Сферы деятельности участников						
Теплоснабжение	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Электроэнергия	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Биоэнергетика	Да	Нет	Нет	Да	Да	Да
Водоснабжение и водоподготовка	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Нефтепереработка	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Нефтедобыча	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Производство стали	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
Производство цемента	Да	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
Производство гипса	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Лесопереработка	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Нет
Целлюлозно-бумажная промышленность	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
Химическая промышленность	Нет	Да	Да	Нет	Нет	Нет
Растениеводство и животноводство	Да	Нет	Да	Да	Да	Да
Биотехнологии	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Сбор и переработка отходов	Да	Нет	Да	Да	Да	Да
Ландшафтный дизайн	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Косметология	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
9. Способы использования отходов/продуктов в цепочке						
Сырье на производстве	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Сырье для получения тепла	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Сырье для получения электроэнергии	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Удобрение	Да	Нет	Да	Да	Нет	Нет
Корм	Да	Нет	Да	Да	Нет	Да
Ресурс для формирования ландшафта	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет

Рис. 1. Сравнительная матрица шести примеров реализации промышленного симбиоза

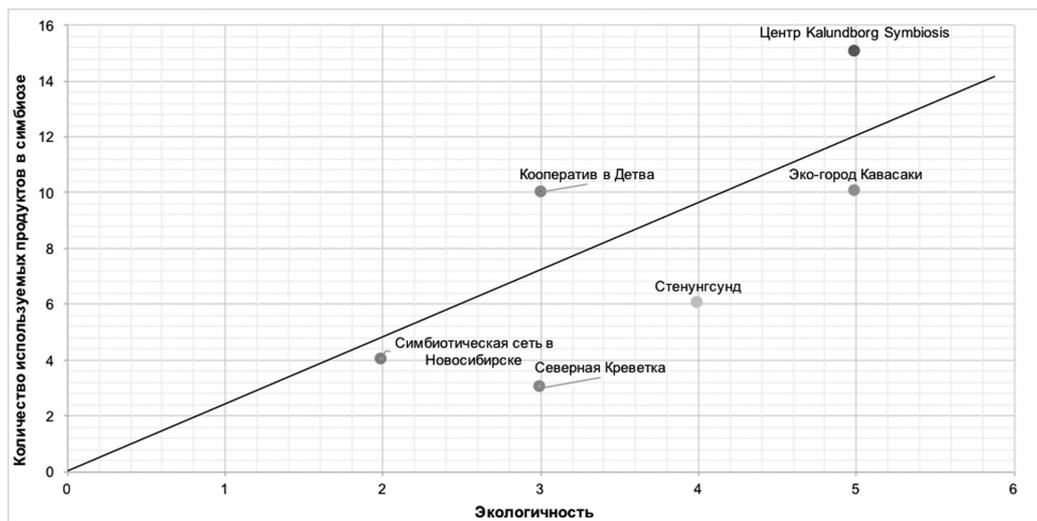


Рис. 2. Зависимость уровня экологического эффекта от количества используемых конечных продуктов в симбиозе

Результаты сравнительного анализа

Собранные данные по 6 примерам реализации промышленного симбиоза были структурированы и агрегированы в аналитическую многофакторную матрицу по 9 параметрам (см. рис. 1).

Согласно проведенному исследованию, промышленный симбиоз формируется по смешанной модели: как спонтанно при заинтересованности собственников бизнеса достичь экономическую выгоду, передавая побочные продукты контрагентам, так и запланировано, с привлечением государства к процессу планирования симбиоза. Наиболее успешное формирование промышленных симбиотических цепочек наблюдается при планировании и реализации инициатив в рамках различных форм государственно-частного партнерства и активного участия всех участников процесса.

В проанализированных примерах побочные продукты используются в основном в качестве сырья для других производств (прежде всего, при производстве цемента, стали, гипса и т. д.) и топлива для получения тепла и электроэнергии.

Промышленный симбиоз наиболее вероятен в тех партнерствах, в которых задействованы предприятия сельского хозяйства. В пяти изученных примерах из шести симбиотические цепочки сформированы при участии предприятий, занимающихся животноводством и растениеводством (Центр Kalundborg Symbiosis, Детва, экогород Kawasaki, «Северная Креветка», 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 и исследованных данных и экспертных оценок была построена двухфакторная матрица, которая позволяет определить существование зависимости уровня экологического эффекта промышленного симбиоза от количества конечных продуктов в симбиозе (рис. 2).

Согласно данным рис. 2, зависимость между двумя выделенными факторами существует. В та-

ких примерах промышленного симбиоза, как центр Kalundborg Symbiosis и экогород Kawasaki, где компании обмениваются более десяти видами различных ресурсов и побочных продуктов, экологический и экономический эффекты 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.

Выводы

Автором статьи была изучена современная российская и зарубежная практика формирования промышленного симбиоза. Исследование показало, что интеграция предприятий на принципах промышленного симбиоза способствует смягчению противоречий, связанных, с одной стороны, с задачей общества, по сохранению окружающей среды, а с другой, со стремлением различных экономик мира к постоянному экономическому росту.

Проведенный анализ показал, что при формировании симбиотических цепочек используется как самоорганизующаяся модель, так и запланированная. Базовым элементом каждого промышленного симбиоза является использование отходов и побочных продуктов в качестве сырья для производства и получения тепла и электроэнергии. Были выявлены сферы, в которых чаще можно встретить симбиотические цепочки, это: растениеводство и животноводство, сбор и переработка отходов.

Представленные в статье результаты могут быть использованы специалистами, которые занимаются планированием, формированием и развитием промышленного симбиоза.

Список использованных источников

1. М. Р. Аврора. Экологическая экономика и экономика окружающей среды: генезис, соотношение и проблемы//Творчество молодых ученых. № 1-3, 2017. С. 161-166.
2. Е. Г. Белова, Л. В. Хорева. Циркулярная экономика и промышленный симбиоз улучшат благосостояние и сохранят планету//Петербург предлагает. 2019. № 3. С. 25-27.
3. И. Ю. Блам, К. Борсекова, К. Петрикова. Эволюция территориальных эколого-экономических объединений: промышленный симбиоз//Регион: экономика и социология. 2014. № 2. С. 185-200.
4. Н. В. Пахомова, К. К. Рихтер, М. А. Ветрова. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития//Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 5. Экономика. 2017. Вып. 2. С. 244-269.
5. Распоряжение Правительства РФ от 25 июля 2017 г. № 1589-р в соответствии со статьей 12 Федерального закона «Об отходах производства и потребления».
6. Л. В. Хорева, А. Л. Бельх, А. В. Шрайер. Экосистема как инновационная форма сетевой межфирменной кооперации//Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2019. № 6 (52). С. 48-53.
7. Л. В. Хорева. Устойчивое развитие и корпоративная социальная ответственность: новые акценты//Материалы конференции «Реализация целей устойчивого развития: европейский и российский опыт». СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2019.
8. E. Andersson, O. Arfwidsson, V. Bergstrand et al. Industrial Symbiosis in Stenungsund. 2013. <http://www.industriellekologi.se/symbiosis/stenungsund.html>.
9. L. Baas. Planning and uncovering industrial symbiosis: Comparing the Rotterdam and Östergötland regions//Business Strategy and the Environment, 20, 428-440, 2011.
10. R. Branson. Re-constructing Kalundborg: the reality of bilateral symbiosis and other insights//Journal of Cleaner Production, 112, 4344-4352, 2016.
11. M. Chertow, J. Ehrenfeld. Organizing Self-Organizing Systems//Journal of Industrial Ecology, 16(1), 13-27. 2012.
12. R. Clift, A. Druckman. Taking Stock of Industrial Ecology, 2016. 362 p.
13. T. Domenech, M. Davies. Structure and morphology of industrial symbiosis networks: The case of Kalundborg//Procedia — Social and Behavioral Sciences, 10, 79-89, 2011.
14. H. Dong, S. Ohnishi, T. Fujita et al. Achieving carbon emission reduction through industrial & urban symbiosis: A case of Kawasaki//Energy, 64, 277-286, 2014.
15. L. Dong, H. Zhang, T. Fujita et al. 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, 59, 226-238, 2013.
16. J. R. Dufloy, J. W. Sutherland, D. Dornfeld et al. Towards energy and resource efficient manufacturing: A process and system approach//CIRP Annals — Manufacturing Technology, V. 61, № 2. 2012. P. 587-609.
17. S. Hashimoto, T. Fujita, Y. Geng, E. Nagasawa. Realizing CO2 emission reduction through industrial symbiosis: A cement production case study for Kawasaki. Resources//Conservation and Recycling, 54 (10), 704-710, 2010.
18. J. Martínez-Alier, R. Muradian. Handbook of Ecological Economics, Edward Elgar Pub publisher, Cheltenham, UK, 2015. 512 p.
19. K. Petříková, K. Borseková, I. Blam. Industrial symbiosis in European policy: overview of recent progress Acta Universitatis Lodzianis. Folia Oeconomica. 2. 2016
20. F. Royne, J. Berlin, E. Ringström. Life cycle perspective in environmental strategy development on the industry cluster level: A case study of five chemical companies//Journal of Cleaner Production, 86, 125-131, 2015.
21. R. Van Berkel, T. Fujita, S. Hashimoto, Y. Geng. Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town program 1997-2006//Journal of Environmental Management, 90 (3), 1544-1556, 2009.
22. R. Van Berkel, T. Fujita, H. Shisuka, M. Fujii. Quantitative assessment of urban and industrial symbiosis in Kawasaki, Japan//Environ. Sci. Technol. 43, 1271e1281. 2009.
23. C. Yu, C. Davis, G. P. J. Dijkema. Understanding the Evolution of Industrial Symbiosis Research//Journal of Industrial Ecology. 18 (2), 280-293, 2013.

References

1. М. Р. Аврора. Экологическая экономика и экономика окружающей среды: генезис, соотношение и проблемы//Творчество молодых ученых. № 1-3. 2017. С. 161-166.
2. Е. Г. Белова, Л. В. Хорева. Циркулярная экономика и промышленный симбиоз улучшат благосостояние и сохранят планету//Петербург предлагает. 2019. № 3. С. 25-27.
3. И. Ю. Блам, К. Борсекова, К. Петрикова. Эволюция территориальных эколого-экономических объединений: промышленный симбиоз//Регион: экономика и социология. 2014. № 2. С. 185-200.
4. Н. В. Пахомова, К. К. Рихтер, М. А. Ветрова. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития//Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 5. Экономика. 2017. Вып. 2. С. 244-269.
5. Распоряжение Правительства РФ от 25 июля 2017 г. № 1589-р в соответствии со статьей 12 Федерального закона «Об отходах производства и потребления».
6. Л. В. Хорева, А. Л. Бельх, А. В. Шрайер. Экосистема как инновационная форма сетевой межфирменной кооперации//Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2019. № 6 (52). С. 48-53.
7. Л. В. Хорева. Устойчивое развитие и корпоративная социальная ответственность: новые акценты//Материалы конференции «Реализация целей устойчивого развития: европейский и российский опыт». СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2019.
8. E. Andersson, O. Arfwidsson, V. Bergstrand et al. Industrial Symbiosis in Stenungsund. 2013. <http://www.industriellekologi.se/symbiosis/stenungsund.html>.
9. L. Baas. Planning and uncovering industrial symbiosis: Comparing the Rotterdam and Östergötland regions//Business Strategy and the Environment, 20, 428-440, 2011.
10. R. Branson. Re-constructing Kalundborg: the reality of bilateral symbiosis and other insights//Journal of Cleaner Production, 112, 4344-4352, 2016.
11. M. Chertow, J. Ehrenfeld. Organizing Self-Organizing Systems//Journal of Industrial Ecology, 16(1), 13-27. 2012.
12. R. Clift, A. Druckman. Taking Stock of Industrial Ecology, 2016. 362 p.
13. T. Domenech, M. Davies. Structure and morphology of industrial symbiosis networks: The case of Kalundborg//Procedia — Social and Behavioral Sciences, 10, 79-89, 2011.
14. H. Dong, S. Ohnishi, T. Fujita et al. Achieving carbon emission reduction through industrial & urban symbiosis: A case of Kawasaki//Energy, 64, 277-286, 2014.
15. L. Dong, H. Zhang, T. Fujita et al. 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, 59, 226-238, 2013.
16. J. R. Dufloy, J. W. Sutherland, D. Dornfeld et al. Towards energy and resource efficient manufacturing: A process and system approach//CIRP Annals — Manufacturing Technology, V. 61, № 2. 2012. P. 587-609.
17. S. Hashimoto, T. Fujita, Y. Geng, E. Nagasawa. Realizing CO2 emission reduction through industrial symbiosis: A cement production case study for Kawasaki. Resources//Conservation and Recycling, 54 (10), 704-710, 2010.
18. J. Martínez-Alier, R. Muradian. Handbook of Ecological Economics, Edward Elgar Pub publisher, Cheltenham, UK, 2015. 512 p.
19. K. Petříková, K. Borseková, I. Blam. Industrial symbiosis in European policy: overview of recent progress Acta Universitatis Lodzianis. Folia Oeconomica. 2. 2016
20. F. Royne, J. Berlin, E. Ringström. Life cycle perspective in environmental strategy development on the industry cluster level: A case study of five chemical companies//Journal of Cleaner Production, 86, 125-131, 2015.
21. R. Van Berkel, T. Fujita, S. Hashimoto, Y. Geng. Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town program 1997-2006//Journal of Environmental Management, 90 (3), 1544-1556, 2009.
22. R. Van Berkel, T. Fujita, H. Shisuka, M. Fujii. Quantitative assessment of urban and industrial symbiosis in Kawasaki, Japan//Environ. Sci. Technol. 43, 1271e1281. 2009.
23. C. Yu, C. Davis, G. P. J. Dijkema. Understanding the Evolution of Industrial Symbiosis Research//Journal of Industrial Ecology. 18 (2), 280-293, 2013.