

УДК 338.054.23

DOI: 10.17586/2310-1172-2022-16-2-129-141

Научная статья

## **Концепция промышленного симбиоза: опыт применения в различных странах и перспективы реализации в России на примере Псковской области**

*Канд. экон. наук* **Миронова Д.Ю.** mironova@itmo.ru

**Тимахович И.В.** iv.timakhovich@itmo.ru

**Помазкова Е.Е.** ee\_pomazkova@itmo.ru

**Жаркова Ю.В.** zharkova.yulya@mail.ru

*Университет ИТМО*

*197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А*

*Широкое применение линейной модели производства и потребления приводит к проблеме превышения человечеством потребления ресурсов на 50% по сравнению с ресурсами, которые может регенерировать планета. Как следствие, рынки становятся все более нестабильными, увеличиваются цены на сырье. Многократное использование одного и того же материала как сырья поможет минимизировать экономический ущерб окружающей среде. Национальные, региональные и местные органы власти в различных странах все больше осознают необходимость инициации и внедрения инноваций с целью развития промышленного симбиоза. Тем не менее, концепция промышленного симбиоза получила недостаточно внимания в политическом плане, хотя она может иметь большой потенциал для содействия циклической экономике и достижения более высокой эффективности использования ресурсов в промышленности. В статье анализируется наиболее успешный мировой опыт функционирования промышленных симбиозов. Переход на принципы циркулярной экономики в странах Европы может привести к значительному сбережению ресурсов и созданию новых рабочих мест. В России, в случае перехода к циркулярной экономике, можно ожидать сопоставимый позитивный экологический и экономический эффект. Для устойчивого развития регионов Российской Федерации авторами статьи предлагается применить концепцию промышленного симбиоза в одном из регионов - Псковской области. За счет реализации проекта по формированию симбиотических цепочек между предприятиями различных отраслей (агропромышленный комплекс, деревообрабатывающая отрасль, производство пластика) планируется повысить эффективность производств; оптимизировать энергозатраты и материально-ресурсные потоки предприятий; снизить экологическую нагрузку на окружающую среду; уменьшить эмиссию парниковых газов, в том числе углеродного следа.*

*Ключевые слова:* промышленный симбиоз, циркулярная экономика, промышленная экология, экономическая эффективность, отходы, ресурсы

Scientific article

## **The concept of industrial symbiosis: experience of application in various countries and prospects for implementation in Russia on the example of the Pskov region**

*Ph.D.* **Mironova D.Yu.** mironova@itmo.ru

**Timakhovich I.V.** iv.timakhovich@itmo.ru

**Pomazkova E.E.** ee\_pomazkova@itmo.ru

**Zharkova Yu.V.** zharkova.yulya@mail.ru

*ITMO University*

*197101, Russia, St. Petersburg, Kronverksky ave., 49, lit. A*

*The widespread use of the linear model of production and consumption leads to the problem that humanity exceeds the consumption of resources by 50% compared to the resources that the planet can regenerate. As a result, the markets become more and more unstable, the prices for raw materials increase. Repeated use of the same material as a raw material will help minimize the economic damage to the environment. National, regional and local authorities in*

*various countries are increasingly aware of the need to initiate and implement innovations in order to develop industrial symbiosis. However, the concept of industrial symbiosis has received little political attention, although it may have great potential to promote the circular economy and achieve higher resource efficiency in industry. The article analyzes the most successful world experience in the functioning of industrial symbioses. The transition to the principles of a circular economy in Europe can lead to significant resource savings and the creation of new jobs. In Russia, in the case of a transition to a circular economy, a comparable positive environmental and economic effect can be expected. For the sustainable development of the regions of the Russian Federation, the authors of the article propose to apply the concept of industrial symbiosis in one of the regions - the Pskov region. Through the implementation of the project on the formation of symbiotic chains between enterprises of various industries (agro-industrial complex, woodworking industry, plastic production), it is planned to increase the efficiency of production; optimize energy costs and material and resource flows of enterprises; reduce the ecological burden on the environment; reduce greenhouse gas emissions, including carbon footprint.*

**Keywords:** industrial symbiosis, circular economy, industrial ecology, economic efficiency, waste, resources.

## Введение

На сегодняшний день во многих странах мира, включая Россию, существует проблема, связанная с неэффективным использованием имеющихся отходов, которые могли бы служить ресурсом для других видов продукции. Решение данной проблемы способствует улучшению экологии в регионах и повышению экономической эффективности промышленных компаний за счет сотрудничества с университетами.

Для повышения капитализации предприятий и экономики регионов в целом крайне важно понимать взаимосвязи между компаниями и выстраивать симбиотические цепочки. Это позволит не только снизить затраты на утилизацию отходов конкретного предприятия, но и начать получать прибыль от реализации продукции, которая станет ресурсом для другого предприятия. Различные инновационные технологии, в сфере энергетики, пищевых, эко-, биотехнологий и др., которые аккумулированы в университетах, целесообразно внедрять в производства, заинтересованные в коллаборации и встроенные в симбиотические цепочки, тем самым реализуя концепцию промышленного симбиоза.

Промышленный симбиоз (Industrial symbiosis (IS)) представляет собой один из инструментов экономики замкнутого цикла, который подразумевает сотрудничество нескольких предприятий с целью использования отходов и (или) побочных продуктов одного предприятия другим. Промышленный симбиоз дает возможность получить ряд экологических, социальных и экономических преимуществ:

- Экологические: эффективное использование ресурсов за счет повторного использования, переработки и снижения потребления первичных материалов;
- Социальные и инновационные: улучшенное внедрение и доступ к новым технологиям, исследованиям и разработкам, создание рабочих мест и региональное развитие;
- Экономические: минимизация затрат, повышение итоговой прибыли и конкурентного преимущества.

При этом реализация таких проектов не требует значительных затрат ни со стороны предприятий, ни государства, ни международных соглашений. Одним из стимулов развития промышленного симбиоза можно считать содействие созданию синергетического эффекта для поддержки промышленной экологии и ее целей [1].

Промышленная экология - относительно новая область, основанная на естественной парадигме, в соответствии с которой промышленная экосистема может вести себя аналогично природной экосистеме, в которой все материалы/сырье перерабатываются в другой «продукт».

Понятие «промышленная экология» представляет собой «подход к разработке промышленных продуктов и процессов, предполагающий двойную оценку с точки зрения конкурентоспособности продукта и его экологичности. Данный подход предполагает использование различных специализированных инструментов и методов, которые можно эффективно применять в управлении отходами, особенно при развитии эко-промышленных парков в рамках промышленного симбиоза[2].

Выделяют пять категорий промышленного симбиоза [3]:

- Первая категория – незапланированная продажа или передача сырья безвозмездно для использования другой фирмой.
- Вторая категория – обмен сырьем внутри одного объекта, фирмы или организации, но между разными процессами или подразделениями.
- Третья категория – обмен материалами и ресурсами близко расположенных фирм в определённой промышленной области.
- Четвертая категория – обмен материалами и ресурсами предприятий, находящихся в относительной близости друг от друга.

• Пятая категория – обмен материалами и ресурсами предприятий, существующих на территории крупного региона.

Одной из самых масштабных форм реализации промышленного (индустриального) симбиоза является формирование экотехнопарков (экопромышленных парков). Экотехнопарки – это совокупность предприятий по производству различных товаров и услуг, заинтересованных в повышении своих доходов и снижении экологической нагрузки за счет коллективного управления природными ресурсами, такими как энергия, вода и материалы. Взаимодействуя с предприятиями-партнерами, заинтересованными в кооперации, производители стремятся к получению большего коллективного эффекта [4].

Мариан Чертоу, инициировавший и возглавлявший в Великобритании Национальную программу промышленного симбиоза, в качестве минимального критерия для отличия промышленного симбиоза от других видов обмена, предложил использование так называемой методики «три-два». В соответствии с вышеупомянутой методикой, ключевым критерием промышленного симбиоза станет наличие того обстоятельства, что как минимум три различных субъекта будут участвовать в обмене по крайней мере двумя различными ресурсами. [5]. В соответствии с методикой «три-два» предприятиям следует выделить три ключевые потенциальные возможности для взаимовыгодного обмена ресурсами [6]:

- Повторное использование сопутствующих продуктов – обмен специфическими для предприятия материалами между двумя или более сторонами для использования в качестве заменителей продукции или сырья, доступного для приобретения на рынке;
- Совместное использование предприятиями коммунальных услуг/инфраструктуры (энергия, вода, сточные воды);
- Совместное предоставление услуг – удовлетворение общих потребностей предприятий в отношении вспомогательных видов деятельности, таких как пожаротушение, транспортировка и обеспечение продовольствием.

Предполагается, что симбиотические отношения, описанные выше, обеспечивают получение экологических преимуществ, хотя объем этих преимуществ редко тщательно измеряется [5].

Применение концепции промышленного симбиоза на предприятиях различных сфер деятельности зачастую связано с коммерческим интересом, поскольку за счет коллективного использования ресурсов может быть достигнут рост доходов / снижение затрат. Кроме того, благодаря внедрению промышленного симбиоза может быть обеспечена долгосрочная ресурсная безопасность партнеров за счет увеличения доступности важнейших ресурсов, таких как вода, энергия или конкретные виды сырья. Иногда предприятия достигают симбиоза в ответ на регулятивное давление, в результате которого промышленные операторы вынуждены повышать эффективность использования ресурсов, сокращать выбросы или утилизировать отходы. Также, благодаря промышленному симбиозу различные организации (предприятия, вузы, некоммерческие организации и т.д.) начинают кооперироваться, образуя сети, для стимулирования формирования и продвижения эко-инноваций. Модель промышленного симбиоза содействует более эффективной кооперации между бизнесом, властью и обществом, синхронизируя потребности и возможности сторон [7].

### Существующие проекты в области промышленного симбиоза

Одной из первых компаний, кто стал применять концепцию промышленного симбиоза, стала британская компания International Synergies. В 2005 году ей была разработана программа NISP (National Industrial Symbiosis Programme), которой за 7 лет существования присоединилось порядка 15 000 компаний, общий объем продаж которых превысил 1,7 млрд евро, а расходы сократились более чем на 1,2 млрд евро. С точки зрения экологии, эффективность реализации данной программы подтверждена снижением выбросов парниковых газов на 39 млн. тонн, а также объемом переработанных отходов - 45 млн. тонн [8].

В 2011 г. Организация Экономического Сотрудничества и Развития назвала реализованную концепцию промышленного симбиоза «системной инновацией, жизненно важной для будущего зеленого роста». Благодаря успешному опыту реализации концепции промышленного симбиоза в рамках программы NISP, другие страны могут использовать положительно зарекомендовавшую себя модель государственно-частного партнерства, где государство инвестирует, а частный сектор стимулирует вовлечение компаний. Таким образом, промышленный симбиоз содействует достижению ряда экологических, социальных и экономических преимуществ [9].

Рассмотрим более детально наиболее успешный мировой опыт функционирования промышленных симбиозов.

Промышленный симбиоз в городе Калуннборг предполагает формирование энергетической симбиотической цепочки (рис. 1), основным участником которой является электростанция Аснес (Asnasvarket), имеющая избыточные мощности пара при производстве электроэнергии. Другие промышленные предприятия, расположенные в Калуннборге, получают избыточный пар от электростанции Анес. Среди сфер применения пара

– нагрев сырого масла на нефтеперерабатывающем заводе Statoil, или очистка и стерилизация на предприятиях Novozymes и Novo Nordisk [10].

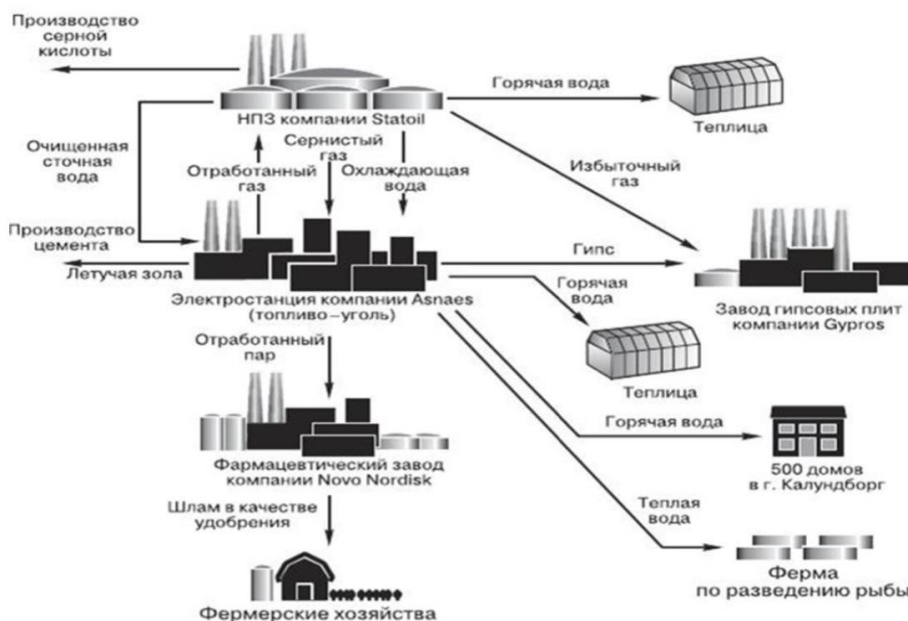


Рис. 1. Схема связей между предприятиями в промышленном симбиозе Калуннборг

Со временем избыточный пар, являющийся ключевым ресурсом промышленного симбиоза в Калуннборге, стал основным продуктом, а электричество – побочным (табл. 1). Данный пример свидетельствует о том, что в результате применения концепции промышленного симбиоза с течением времени могут появляться новые бизнес-модели [11].

Таблица 1

**Матрица обмена материальными ресурсами в Калуннборге**

	Novo Nordisk	Novo Enzymes	Asnaes Power	Statoil Refinery	Gyproc	Soilrem	Municipality	Farmers	Fish Farm	Cement companies	Component recyclers
Novo Nordisk		1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
Novo Enzymes	1		0	0	0	0	1	1	0	0	0
Asnaes Power	1	1		1	1	0	1	0	1	1	1
Statoil Refinery	1	1	1		1	0	0	0	0	0	1
Gyproc	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
Soilrem	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Municipality	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0
Farmers	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
Fish Farm	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
Cement companies	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Component Recyclers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Среди причин, способствующих развитию промышленного симбиоза в городе Калуннборг, можно выделить следующие [10]:

- Существование промышленного потенциала, то есть наличие нескольких крупных производств, сконцентрированных на небольшом расстоянии друг от друга;
- Существование экономического стимула;
- Отсутствие юридических барьеров;
- Налаженная коммуникация между предприятиями.

Другим примером реализации промышленного симбиоза можно считать успешно запущенную в Финляндии платформу промышленного симбиоза – биоциклическая экономика (ЕСО3) (рис. 2), созданную в районе эко-промышленного парка в финском регионе Пирканмаа, вокруг городов Нокиа и Тампере. Предварительные исследования и подготовительные этапы создания платформы были инициированы в 2013—2014 годах. На сегодняшний день в платформу промышленного симбиоза входит свыше 20 организаций различных сфер деятельности (в том числе вузы и НИИ) и отраслей промышленности, обеспечивая цикличность производственных и энергетических ресурсов. Среди организаций партнеров можно отметить станцию очистки сточных вод, центр переработки отходов, теплоэлектростанции, предприятия по производству удобрений и переработке пластмасс, металлургические и химические предприятия и др. [12].

ЕСО3 работает по принципу циклической экономики и состоит из множества мелких предприятий, таким образом, формируя промышленную экосистему [13].

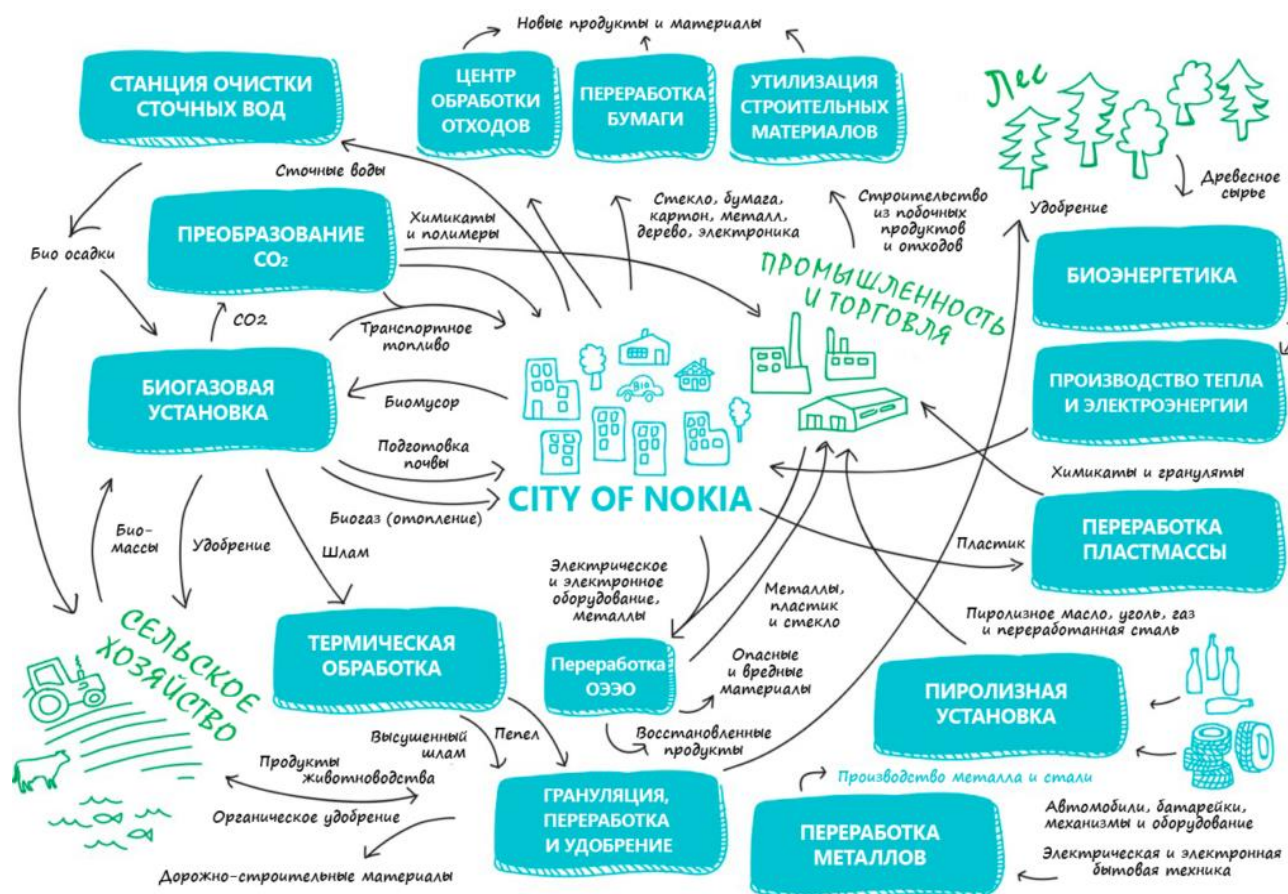


Рис. 2. Пример промышленного симбиоза в городе NOKIA, платформа ЕСО3

К числу предприятий, успешно внедривших промышленный симбиоз, можно также отнести сеть промышленного симбиоза Sotenas в Швеции. Среди ключевых участников симбиоза – производители морепродуктов, производство по выращиванию лосося, заводы по производству биогаза, производство водорослей, удаление морского мусора/переработка, а также завод по очистке сточных вод (WWTP).

Благодаря эффективной реализации промышленного симбиоза Sotenas снижается нагрузка на окружающую среду, а также достигается экономия на транспортировке отходов по сравнению с базовой моделью (общая экономия составляет около 10 % от ВВП Sotenas) [12].

Одним из наиболее перспективных воплощений промышленного симбиоза является проект «Балтийский промышленный симбиоз» («Baltic industrial symbiosis», BIS). Целью данного проекта является поддержка и популяризация промышленного симбиоза в регионе Балтийского моря за счет установления равноправного обмена между экспертами и практиками из 13 различных организаций. Проектом руководит центр симбиоза Дании при поддержке Европейского фонда регионального развития через Interreg Baltic Sea Region [14]. В рамках проекта предполагается осуществление обмена опытом (peer-to-peer exchange) между менеджерами промышленного симбиоза; кроме того, утвержден Совет по промышленному симбиозу в качестве платформы для диалога и обмена опытом [15].

Более половины участников проекта BIS — предприятия пищевой отрасли промышленности. Это связано с тем, что проблема утилизации органических отходов и их повторного использования стоит на повестке дня и требует немедленного решения. Также среди участников проекта есть предприятия агропромышленного комплекса: производители удобрений, кормов, мясных изделий и т.д. Проект состоит из нескольких этапов:

1. Содействие ускорению симбиотического развития предприятий;
2. Создание потенциала развития партнерской сети путем организации НИОКР и развития инфраструктуры;
3. Разработка дорожной карты политики промышленного симбиоза.

Поскольку нехватка ресурсов и управление отходами являются одними из самых сложных вызовов века, другой проект под названием «Water2REturn» взял на себя задачу решить их, создав промышленный симбиоз между тремя ключевыми отраслями промышленности: сельским хозяйством, пищевой промышленностью и очисткой сточных вод. Превращая отходы одной отрасли в сырье, которое повторно поступает на рынок для других, эта инициатива создает новые ресурсы, при этом избегая образования отходов [16].

Water2REturn, координируемый BIOAZUL в Малаге (Испания), финансируется в рамках Horizon 2020, исследовательской и инновационной программы Европейской комиссии. Кроме того, он соответствует целям Плана действий Комиссии по экономике замкнутого цикла, принятого в 2015 году, в котором государства-члены договорились о более амбициозных целях. План, устанавливающий минимальные требования для повышения эффективности, безопасности и рентабельности повторного использования воды, требует дальнейших отраслевых инноваций [17].

С точки зрения экономики замкнутого цикла Water2REturn превращает очистные сооружения скотобоев в «биоперерабатывающие заводы», которые позволяют извлекать и перерабатывать питательные вещества. Интегрированная система состоит из комбинации технологий и процессов в каскаде, максимально увеличивая извлечение ценных продуктов.

Извлеченные питательные вещества затем превращаются в продукты с добавленной стоимостью для сельского хозяйства и агрохимической промышленности. Три различных типа сырья извлекаются из сточных вод скотобоев и могут быть адаптированы в соответствии с потребностями конечного пользователя: нитратный и фосфатный концентрат, гидролизованный ил и биомасса водорослей. Их можно дополнительно перерабатывать для производства агрономических продуктов, таких как удобрения и биостимуляторы, готовых к коммерциализации.

Инициатива направлена на сокращение сброса сточных вод на 90%, экономию до 40% пресной воды в мясной промышленности, восстановление до 95% питательных веществ, содержащихся в сточных водах, и производство до 4,19 % общего количества химических азотных удобрений, производимых в ЕС.

Эта стратегия промышленного симбиоза имеет множество преимуществ. С одной стороны, она решает проблемы нехватки воды и восстановления ресурсов, а также отвечает потребностям сельскохозяйственного сектора в том, чтобы стать более устойчивым и более конкурентоспособным благодаря дополнительному источнику дохода, создаваемому из образования побочных продуктов. Кроме того, решаются проблемы управления сточными водами на скотобойнях за счет повышения ценности продукции. С другой стороны, это также снижает воздействие производства продуктов питания на окружающую среду и способствует дальнейшему внедрению циклических процессов в этом секторе.

Демонстрационная установка будет установлена на действующей скотобойне под названием «Матадеро дель Сур» в Салтерасе, недалеко от Севильи. Этот прототип будет иметь мощность очистки 50 м<sup>3</sup> в день (одна треть ежедневного потока сточных вод бойни в 150 м<sup>3</sup>) и будет интегрирован с водопроводной линией, линией осадка и линией водорослей.

Проект «Симбиотические сети устойчивого управления биоотходами» (SYMBIOSIS) заключается в создании интегрированной, устойчивой схемы управления и торговли биологическими отходами между регионами-партнерами Западной Македонии в Греции (бывшая префектура Флорина) и муниципальными районами Битола и Новаци в Республике Северная Македония. В рамках данного проекта предлагается развивать симбиотические сети, объединяющие предприятия, и прочие заинтересованные организации из всех секторов бизнеса, с целью повышения эффективности использования ресурсов в разных отраслях за счет торговли материалами и совместного использования активов экологически устойчивым способом [18].

Проект «Промышленный симбиоз для регионального устойчивого роста и ресурсоэффективной экономики замкнутого цикла» (SYMBI) нацелен на улучшение реализации политики и программ регионального развития, связанных с продвижением и распространением промышленного симбиоза и экономики замкнутого цикла из 7 стран-участниц, столкнувшихся с политикой, согласованной со стратегией экономики замкнутого цикла Европейской комиссии для преобразования Европы в более конкурентоспособную ресурсоэффективную экономику. Основная цель SYMBI – дать регионам возможность построить устойчивую экономику, устойчивую к нагрузкам на окружающую среду и изменению климата. Проект будет поддерживать реализацию политических инструментов и мер по распространению промышленного симбиоза, чтобы повысить ценность, снизить производственные затраты и уменьшить нагрузку на окружающую среду за счет повышения эффективности использования ресурсов и выбросов парниковых газов. SYMBI направлен на поддержку перехода к ресурсоэффективной экономике посредством промышленного симбиоза, установления территориальной синергии для управления отходами и обмена энергией и побочными продуктами в качестве вторичных сырьевых ресурсов [19].

Переход на принципы циркулярной экономики в Европе может привести к сбережению ресурсов на 300 млрд евро и созданию 2 млн новых рабочих мест [20]. Проанализировав зарубежный опыт применения концепции промышленного симбиоза, перейдем к рассмотрению российского опыта. Сегодня в государственных закупках критерии циркулярной экономики применяются пока редко. Такие критерии, как долговечность, ремонтпригодность, вторичность ресурсов, многоразовая тара, биоразлагаемость, применение наилучших доступных технологий, используются только в 5% процедур закупок [21]. Развитие промышленного симбиоза как важного инструмента безотходной экономики приведет к существенному росту «зеленых» (или экологически ответственных) государственных закупок.

Проект «Центр промышленного симбиоза в России» направлен на [22]:

- Поиск и исследование передового опыта в сфере промышленного симбиоза;
- Скрининг и формирование цепочек с целью использования отходов предприятий в качестве ресурсов;
- Сбор инновационных технологий, имеющих потенциал в сфере промышленного симбиоза;
- Анализ бизнес-моделей промышленного симбиоза в России;
- Формирование эко-индустриальных парков и их развитие;
- Создание цифровой платформы промышленного симбиоза, необходимого для развития сотрудничества между организациями для эффективного разделения и использования ресурсов и продуктов вторичной переработки (концепция представлена на рис. 3).

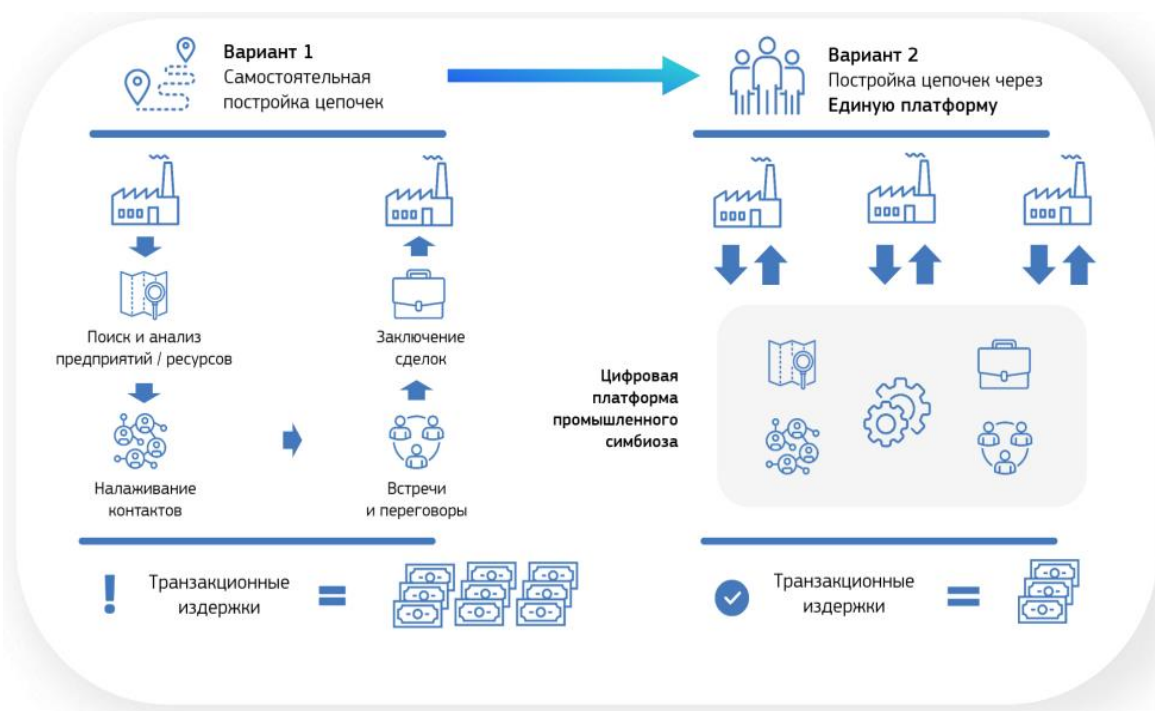


Рис. 3. Цифровая платформа промышленного симбиоза и выгоды для клиента

### Схемы промышленного симбиоза Псковской области

На основе изученного опыта промышленного симбиоза в других странах были построены схемы промышленного симбиоза для предприятий Псковской области.

#### Предприятия АПК

Схема для предприятий агропромышленного комплекса и пищевой промышленности состоит из 6 предприятий (рис. 4).

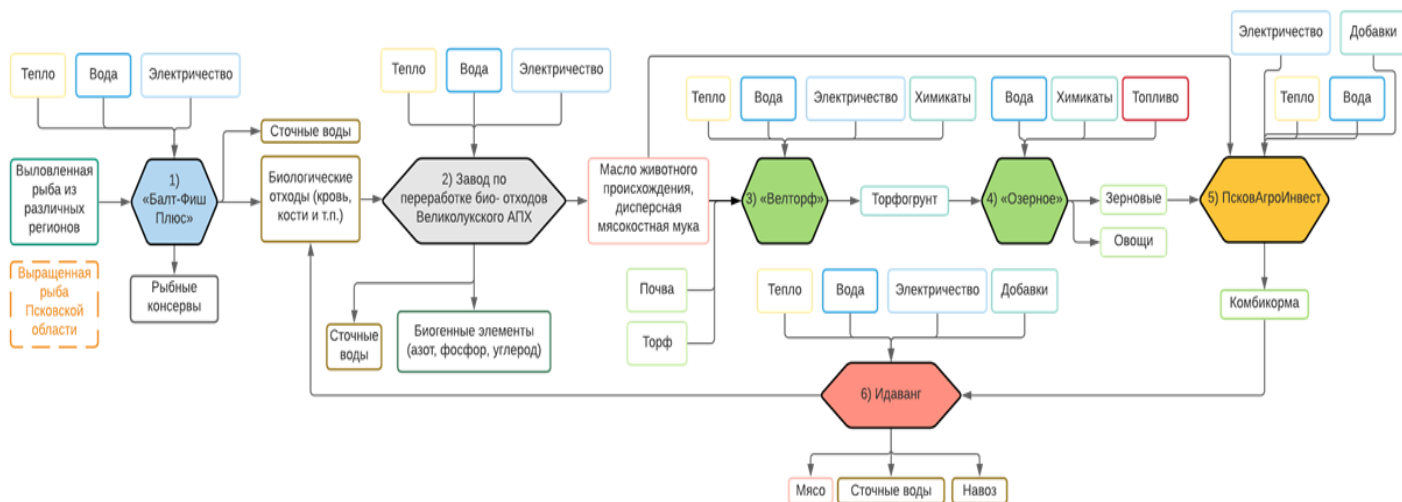


Рис. 4. Схема промышленного симбиоза для предприятий агропромышленного комплекса и пищевой промышленности Псковской области

1. Компания «Балт-Фиш Плюс» работает в сфере рыбной консервации с 1992 года. Это один из крупнейших производителей и поставщиков рыбных консервов на территории Российской Федерации.

Для работы компании требуются тепло, пресная вода, электричество и сама рыба, выловленная из водоемов. В будущем планируется собственное разведение рыб. Конечным продуктом компании являются рыбные консервы. «Балт-Фиш Плюс» также образует и побочные продукты (которые, при иной точке зрения, могут восприниматься как отходы): сточные воды и биологические отходы обработки рыбы (кровь, кости и т.п.). Переработка сточных вод в данной схеме не предусматривается, в то время как биологические отходы далее отправляются на переработку на завод по переработке биоотходов Великолукского агропромышленного холдинга.

2. Завод по переработке биологических отходов Великолукского агропромышленного холдинга был запущен в начале 2018 года и является крупнейшим на Северо-Западе. Предприятие построено в соответствии с самыми жесткими российскими и экологическими стандартами. Сырье для переработки поступает на завод как от мясокомбинатов и животноводческих комплексов, так и от ферм и личных подсобных хозяйств Северо-Западного региона Российской Федерации. Далее за счет термической обработки сырье высушивается, стерилизуется и измельчается с целью получения конечного продукта, применяемого в различных сферах, включая фармакологию, косметологию, парфюмерную промышленность и т.д.

Для работы предприятию необходимы тепло, вода и электричество, а конечными продуктами являются масло животного происхождения и дисперсная мясокостная мука. Побочными продуктами, которые не используются в этой схеме, являются сточные воды и биогенные элементы: азот, фосфор, углерод.

3. ООО «Велторф» крупнейший на Северо-Западе в России производитель торфо-грунтов и удобрений.

«Велторф» использует тепло, воду, электричество, почву и торф для производства торфо-грунтовых удобрений. Добавление мясокостной муки положительно скажется на свойствах удобрений.

4. Агрофирма «Озерное» располагает укомплектованным парком сельскохозяйственной техники, необходимой для обработки и возделывания 6 000 гектар пахотных земель. Компания продолжает традиции производства зерновых и овощных культур, сохранения и преумножения производственного потенциала пахотных земель Бежаницкого и Новоржевского районов, бережного отношения к окружающей среде, а также обеспечения населения сельскохозяйственной продукцией высочайшего качества по доступным каждому ценам.

Компания закупает воду, химикаты и значительное количество топлива для выращивания овощей и зерновых культур. Зерновые далее попадают в «ПсковАгроИнвест».



5. ООО «ПсковАгроИнвест» – входит в перечень крупных сельскохозяйственных предприятий Псковской области и занимается осуществлением полного цикла производства от выращивания зерновых и изготовления кормов, животноводства до готовой продукции.

Организация использует электричество, тепло, воду и необходимые добавки для производства комбикормов. Тем не менее, основным ресурсом для них являются зерновые, получаемые от агрофирмы «Озерное».

Для улучшения качества комбикормов может быть использована мясокостная мука, производимая заводом по переработке биологических отходов Великолукского агропромышленного холдинга.

6. Компания «ИДАВАНГ», основным направлением деятельности которой является свиноводство, была зарегистрирована в феврале 2008 года. К концу 2011 количество свиноматок было доведено до 6 850 голов. Сегодня, после реконструкции и установки современного технологического оборудования, ежегодная мощность производства полного цикла оценивается в 180 000 товарных свиней, благодаря чему «ИДАВАНГ» занимает лидирующую позицию среди свиноводческих предприятий Северо-Запада России.

«ИДАВАНГ» может использовать для подкормки животных комбикорма, получаемые от агрофирмы «Озерное». Также для своей деятельности фирме необходимо тепло, вода, электричество и добавки в комбикорма. Отходами производства на сегодняшний день являются навоз и сточные воды. Конечный продукт, образующийся в результате работы предприятия – мясо.

#### Предприятия, использующие пластик.

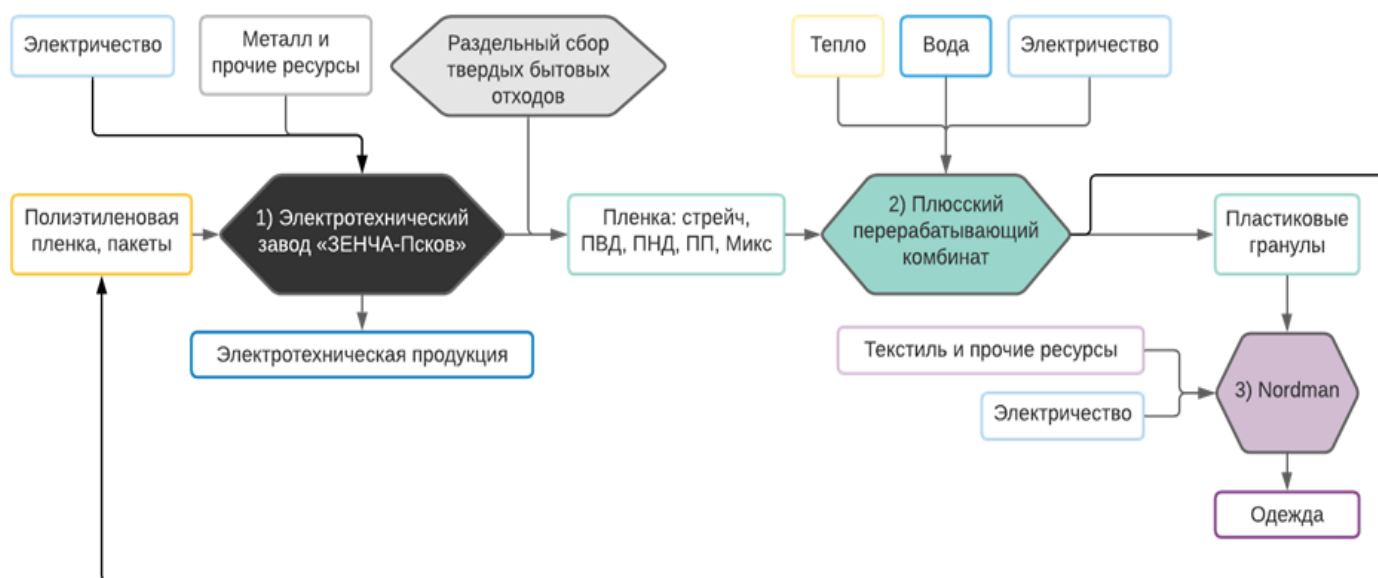


Рис. 5. Схема промышленного симбиоза предприятий Псковской области, использующих пластик

1. Электротехнический завод «ЗЕНЧА-Псков» — предприятие Псковской области (количество сотрудников – более 200), имеющее собственный технический отдел и испытательную базу, занимающееся выпуском электротехнического оборудования, лифтовым оборудованием, низковольтной аппаратурой, а также товарами народного потребления. Для работы электротехническому заводу необходимы электричество, металл, полиэтилен и множество других ресурсов, использующихся в электротехнической промышленности. Конечной продукцией является электротехническая продукция. Отходом, который может быть переработан, является стрейч-пленка, ПВД, ПНД, ПП, Микс.

2. Плюсский перерабатывающий комбинат является ведущим предприятием на Северо-Западе России по переработке использованных пластиковых материалов полного цикла, производственные мощности которого позволяют перерабатывать пластиковые отходы со всей территории Псковской области, не нанося вред окружающей среде.

Комбинат может использовать пленку с электротехнического завода и собранное от граждан пластиковое сырье. Для переработки необходимо отопление цеха, электричество и вода. Конечными продуктами перерабатывающего комбината являются пластиковые гранулы, которые идут в Nordman и пленка, которая может вернуться на электротехнический завод.

3. Nordman – компания, которая производит одежду и обувь. Обувь Nordman продается в 85 субъектах Российской Федерации и в 20 странах ближнего и дальнего зарубежья. Среди партнеров компании «Ralf Ringer», «Zenden», «Восток-Сервис», «Авангард-Спецодежда», «Техноавиа», «О'кей» и др. С конца 2009 года создана дистрибьюторская сеть, в которую входит более 60 компаний.

В своей работе Nordman использует электричество, текстиль и прочие материалы для шитья, в частности пластиковые продукты. Пластиковые части могут быть получены из гранул, которые произвел перерабатывающий комбинат.

Предприятия деревообрабатывающей отрасли.

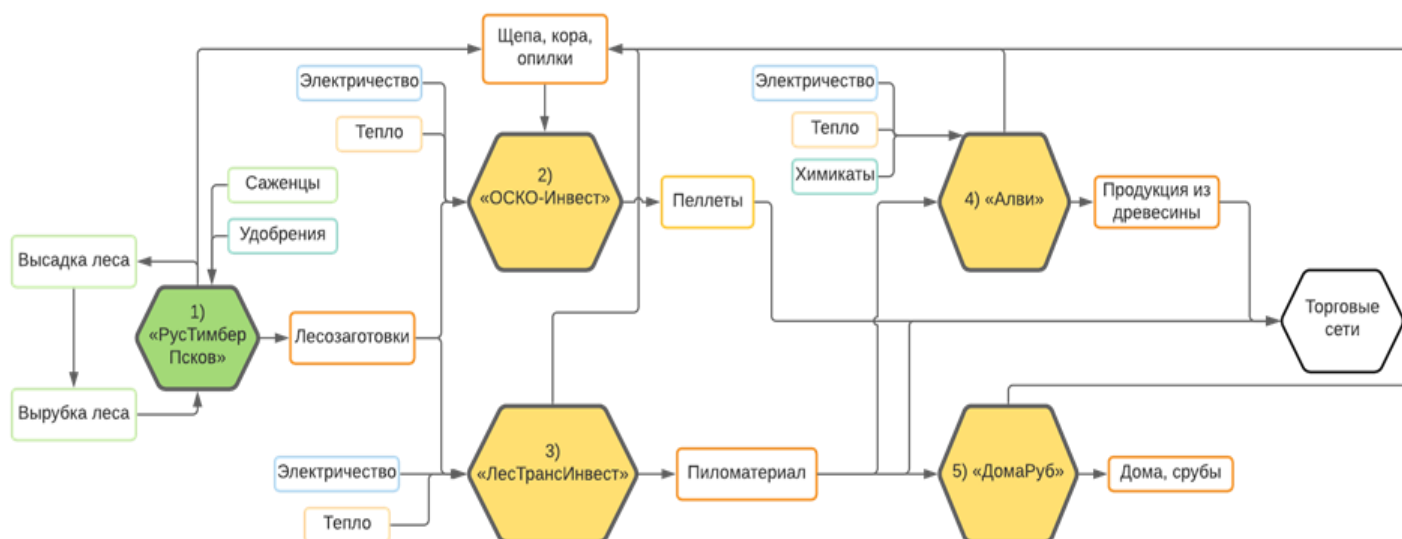


Рис. 6. Схема промышленного симбиоза предприятий деревообрабатывающей отрасли Псковской области

Система состоит из пяти предприятий.

1. ООО «РусТимбер Псков» - арендатор лесных угодий, расположенных в Псковской области, владеющий производственной базой в Плюсском районе, поселке Игомель. В рамках деятельности компании осуществляется заготовка древесины силами подрядных организаций.

Для работы предприятию необходимы саженцы деревьев и удобрения. Основные процессы компании – высадка и дальнейшая вырубка леса. Побочными продуктами организации являются щепка, кора и опилки. Конечным продуктом предприятия являются лесозаготовки.

2. Компания «ОСКО-Инвест», основанная шесть лет назад в Псковской области, специализируется на деревоперерабатывающем производстве. Предприятие использует в качестве сырья древесину всех пород и любого сорта, включая отходы от лесопиления, и производит пиломатериалы, тарную доску и pellets, демонстрирует высокую глубину переработки древесины.

На предприятие поступают лесозаготовки и побочные продукты от «РусТимбер Псков». Далее компания преобразует их в pellets и пиломатериалы, которые идут в торговые сети на продажу.

3. ООО «ЛесТрансИнвест» занимается производством обрезного и необрезного пиломатериала из хвойных пород дерева (сосна и ель) в Пскове.

Ресурсы, которые использует компания: электричество и тепло для обогрева производственных площадей. Компания производит лесозаготовки. Побочными продуктами являются щепка, кора и опилки, которые идут к «ОСКО-Инвест», чтобы преобразоваться в pellets.

4. ООО «Алви» 18 лет производит продукцию из древесины. Предприятие предлагает мебельный щит, доску пола оптом.

Для реализации своей деятельности организации необходимы: электричество, отопление для цехов и химикаты для обработки продукции. В итоге получается продукция из древесины. Побочные продукты (щепка, кора и опилки) перенаправляются в «ОСКО-Инвест» для переработки в pellets.

5. Компания «ДомаРуб» предлагает услуги по строительству домов и бань из окоренного и строганного бревна и бруса, домов и бань ручной рубки.

«ДомаРуб» использует продукцию «ЛесТрансИнвест» и «Алви» для создания домов и срубов. Образующиеся побочные материалы, такие как щепа, кора и опилки, отправляются в «ОСКО-Инвест», чтобы снова стать пригодными для продажи и превратиться в пеллеты.

Таким образом, построение ряда симбиотических цепочек между предприятиями различных областей является первым шагом к устойчивому развитию Псковской области. Внедрение принципов экономики замкнутого цикла в регионе и разработанная модель симбиотических связей способствует:

- Повышению эффективности производств различных отраслей;
- Оптимизации энергозатрат и материально-ресурсных потоков;
- Снижению экологической нагрузки на окружающую среду;
- Уменьшению эмиссии парниковых газов, в том числе углеродного следа.

Университеты, как главные держатели перспективных инновационных технологий являются необходимым звеном при построении симбиотических цепочек. Обладая уникальными разработками в сфере биотехнологий, информационных и экотехнологий, энергетики, новых материалов, вузы могли бы интегрировать свои разработки при формировании симбиотических цепочек и построении новых бизнес-моделей, повышая экономическую, экологическую эффективность предприятий и их социальную ответственность. Для воплощения предложенных авторских разработок в жизнь необходима не только системная работа с предприятиями Псковской области, но и поддержка реализации концепции промышленного симбиоза в регионе на административном уровне.

### Выводы

Промышленный симбиоз – эффективный способ повышения устойчивости региона и конкурентоспособности его предприятий, вузов и прочих организаций, задействованных в данном процессе, что способствует:

- Экономии материалов и энергии, повторному использованию отходов и энергетических побочных продуктов промышленных процессов;
- Построению новых бизнес-моделей, основанных на продаже вторичного сырья и инновационных услуг по обращению с отходами;
- Снижению рисков внешней нестабильности, снижению зависимости от импортных материалов и ископаемого топлива.

В статье проанализирован наиболее успешный опыт реализации концепции промышленного симбиоза. Передовой опыт по реализации схем промышленного симбиоза существует преимущественно у Европейских стран: Великобритании, Дании, Финляндии и др.

Используя опыт других стран уже сейчас возможно построить теоретические схемы промышленного симбиоза для российских регионов. В частности, в данной работе была построена схема для предприятий Псковской области. Данная схема способна улучшить экономико-социально-экологический климат региона. Внедрение принципов экономики замкнутого цикла и разработка симбиотических связей будет способствовать повышению экономической и экологической эффективности градообразующих предприятий региона, оптимизации механизмов обращения с отходами, формированию новых моделей взаимодействия бизнеса, государства и университетов.

Таким образом, повышение конкурентоспособности и эффективности российских предприятий с учетом необходимости повышения их экологической ответственности – важная задача, которую можно решить за счет применения концепции промышленного симбиоза.

### Литература

1. *Гладштейн Ю.Г., Сергиенко О.И., Юльметова Р.Ф., Сильвеннойнен-Хийску С., Пиуппо С., Королева Е.Б.* Обращение с отходами: российский и финский опыт: Учебное пособие – СПб.: ООО «Политехника Сервис», 2021. – 158 с.
2. *Domenech T.* Structure and morphology of industrial symbiosis networks: The case of Kalundborg / T. Domenech, M. Davies // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 10, 79-89, 2011.
3. *Materiaalitori*, 2020: Информационная площадка, посвященная отходам и побочным продуктам производства [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://www.materiaalitori.fi/> (дата обращения 20.03.2022).
4. *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 et al // *Journal of Cleaner Production*, 59, 226 - 238, 2013.

5. Chertow M. Quantifying Economic and Environmental Benefits of Co-Located Firms / Marian R. Chertow and D. Rachel Lombardi // *Environmental Science & Technology*. – 2005. – Vol.39, No 17 – P. 6535–6541.
6. Глумов, А. А. Перспективные формы сетевого взаимодействия на примере промышленного симбиоза / А. А. Глумов // *Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Второй Всероссийской с международным участием научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 26 апреля 2019 года.* – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2019. – С. 67-71.
7. Chertow, M. «Uncovering» Industrial Symbiosis // *Journal of Industrial Ecology*. 2007. Vol. 11, № 1. P. 11–130.
8. National industrial symbiosis program, UK [Электронный ресурс]. – 2016. – URL: <https://www.nispnetwork.com/> (дата обращения 20.03.2022).
9. Сафрыгин М.Ю. Промышленный симбиоз как инструмент межотраслевого взаимодействия / М. Ю. Сафрыгин, Н. В. Козлова; науч. рук. Н. В. Козлова // *Экономика России в XXI веке: сборник научных трудов XI Международной научно-практической конференции "Экономические науки и прикладные исследования: фундаментальные проблемы модернизации экономики России"*, посвященной 110-летию экономического образования в Томском политехническом университете, г. Томск, 18-22 ноября 2014 г. : в 2 т. – Томск : Изд-во ТПУ, 2014. Т. 1. С. 268-270.
10. Ehrenfeld J., Gertler N. The Evolution of Interdependence at Kalundborg // *Journal of Industrial Ecology*. 1997. № 1(1). pp. 67-79.
11. Kalundborg Symbiosis: six decades of a circular approach to production [Электронный ресурс]. – 2016. – URL: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en> (дата обращения 20.03.2022).
12. Преображенский Б.Г., Толстых Т.О., Шмелева Н.В. Промышленный симбиоз как инструмент циркулярной экономики // *РСЭУ*. 2020. №4 (51).
13. Промышленный симбиоз в мире и Финляндии: экоплатформа ЕСО3 [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: <http://edutampere.skillscenter.ru/is-in-finland-eco3-platform/> (дата обращения 20.03.2022).
14. Балтийский промышленный симбиоз как концепция устойчивого развития в регионе Балтийского моря [Электронный ресурс]. – URL: <https://tyreman.ru/bis#rec228157400> (дата обращения 20.03.2022).
15. Baltic Industrial Symbiosis [Электронный ресурс]. – URL: <https://symbiosecenter.dk/project/bis/> (дата обращения 20.03.2022).
16. Resource-oriented solutions for wastewater treatment based on a circular economy approach [Электронный ресурс]. – URL: <https://water2return.eu/the-project/> (дата обращения 20.03.2022).
17. Launch of water2return project [Электронный ресурс]. 2017. URL: <https://www.bioazul.com/en/launch-of-water2return-project/> (дата обращения 20.03.2022).
18. Symbiotic networks of bio-waste sustainable management – Interreg – IPA CBC – Режим доступа: <https://symbiosisproject.eu/> (дата обращения 15.02.2022).
19. Industrial Symbiosis for Regional Sustainable Growth and a Resource Efficient Circular Economy – SYMBI Interreg Europe – Режим доступа: <https://www.interregeurope.eu/symbi/> (дата обращения 15.02.2022).
20. Ellen MacArthur Foundation. Towards the circular economy; Ellen MacArthur Foundation: UK. 2013. – Режим доступа: <https://emf.thirdlight.com/link/x8ay372a3r11-k6775n/@/preview/1?o> (дата обращения 15.02.2022).
21. Шадрина Е.В., Кашин Д.В. Циркулярные закупки в России. Данные исследования закупок 2019 г. // *Госзаказ: управление, размещение, обеспечение* – 2020/21 – №62 – С. 50-57.
22. Центр промышленного симбиоза в России. Паспорт проекта – Режим доступа: <https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/tcllh6xbyasw8ocsgsso84ogcwowsc> (дата обращения 15.02.2022).

## References

1. Gladshtein Yu.G., Sergienko O.I., Yul'metova R.F., Sil'vennoinen-Khiisku S., Piippo S., Koroleva E.B. Obrashchenie s otkhodami: rossiiskii i finskii opyt: Uchebnoe posobie – SPb.: ООО «Politehnika Servis», 2021. – 158 s.
2. Domenech T. Structure and morphology of industrial symbiosis networks: The case of Kalundborg / T. Domenech, M. Davies // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 10, 79-89, 2011.
3. Materiaalitori, 2020: Informatieplatform, gewijzigde informatie, informatie over de productie van producten [Elektronnyy resurs]. – 2022. – URL: <https://www.materiaalitori.fi/> (дата обращения 20.03.2022).
4. 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 et al // *Journal of Cleaner Production*, 59, 226 - 238, 2013.
5. Chertow M. Quantifying Economic and Environmental Benefits of Co-Located Firms / Marian R. Chertow and D. Rachel Lombardi // *Environmental Science & Technology*. – 2005. – Vol.39, No 17 – P. 6535–6541.

6. Glumov, A. A. Perspektivnye formy setevogo vzaimodeistviya na primere promyshlennogo simbioza / A. A. Glumov // *Ekologicheskaya bezopasnost' v tekhnosfernom prostranstve: sbornik materialov Vtoroi Vserossiiskoi s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i studentov, Ekaterinburg, 26 aprelya 2019 goda.* – Ekaterinburg: Rossiiskii gosudarstvennyi professional'no-pedagogicheskii universitet, 2019. – S. 67-71.
7. Chertow, M. «Uncovering» Industrial Symbiosis // *Journal of Industrial Ecology*. 2007. Vol. 11, № 1. P. 11–130.
8. National industrial symbiosis program, UK [Elektronnyi resurs]. – 2016. – URL: <https://www.nispnetwork.com/> (data obrashcheniya 20.03.2022).
9. Safrygin M.Yu. Promyshlennii simbioz kak instrument mezhotraslevogo vzaimodeistviya / M. Yu. Safrygin, N. V. Kozlova; nauch. ruk. N. V. Kozlova // *Ekonomika Rossii v XXI veke: sbornik nauchnykh trudov XI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Ekonomicheskie nauki i prikladnye issledovaniya: fundamental'nye problemy modernizatsii ekonomiki Rossii", posvyashchennoi 110-letiyu ekonomicheskogo obrazovaniya v Tomskom politekhnicheskome universitete, g. Tomsk, 18-22 noyabrya 2014 g. : v 2 t.* – Tomsk : Izd-vo TPU, 2014. T. 1. S. 268-270.
10. Ehrenfeld J., Gertler N. The Evolution of Interdependence at Kalundborg // *Journal of Industrial Ecology*. 1997. № 1(1). pp. 67-79.
11. Kalundborg Symbiosis: six decades of a circular approach to production [Elektronnyi resurs]. – 2016. – URL: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en> (data obrashcheniya 20.03.2022).
12. Preobrazhenskii B.G., Tolstykh T.O., Shmeleva N.V. Promyshlennii simbioz kak instrument tsirkulyarnoi ekonomiki // *RSEU*. 2020. №4 (51).
13. Promyshlennii simbioz v mire i Finlyandii: ekoplatforma ECO3 [Elektronnyi resurs]. – 2019. – URL: <http://edutampere.skillscenter.ru/is-in-finland-eco3-platform/> (data obrashcheniya 20.03.2022).
14. Baltiiskii promyshlennii simbioz kak kontseptsiya ustoichivogo razvitiya v regione Baltiiskogo morya [Elektronnyi resurs]. – URL: <https://tyreman.ru/bis#rec228157400> (data obrashcheniya 20.03.2022).
15. Baltic Industrial Symbiosis [Elektronnyi resurs]. – URL: <https://symbiosecenter.dk/project/bis/> (data obrashcheniya 20.03.2022).
16. Resource-oriented solutions for wastewater treatment based on a circular economy approach [Elektronnyi resurs]. – URL: <https://water2return.eu/the-project/> (data obrashcheniya 20.03.2022).
17. Launch of water2return project [Elektronnyi resurs]. 2017. URL: <https://www.bioazul.com/en/launch-of-water2return-project/> (data obrashcheniya 20.03.2022).
18. Symbiotic networks of bio-waste sustainable management – Interreg – IPA CBC – Rezhim dostupa: <https://symbiosisproject.eu/> (data obrashcheniya 15.02.2022).
19. Industrial Symbiosis for Regional Sustainable Growth and a Resource Efficient Circular Economy – SYMBI Interreg Europe – Rezhim dostupa: <https://www.interregeurope.eu/symbi/> (data obrashcheniya 15.02.2022).
20. Ellen MacArthur Foundation. Towards the circular economy; Ellen MacArthur Foundation: UK. 2013. – Rezhim dostupa: <https://emf.thirdlight.com/link/x8ay372a3r11-k6775n/@/preview/1?o> (data obrashcheniya 15.02.2022).
21. Shadrina E.V., Kashin D.V. Tsirkulyarnye zakupki v Rossii. Dannye issledovaniya zakupok 2019 g. // *Goszakaz: upravlenie, razmeshchenie, obespechenie – 2020/21 – №62 – S. 50-57.*
22. Tsentr promyshlennogo simbioza v Rossii. Passport proekta – Rezhim dostupa: <https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/tcllh6xbyasw8ocsgsso84ogcwowsc> (data obrashcheniya 15.02.2022).: <https://s.siteapi.org/1f54221ba217f8f.ru/docs/tcllh6xbyasw8ocsgsso84ogcwowsc> (accessed 15.02.2022).

*Статья поступила в редакцию 17.03.2022  
Принята к публикации 18.05.2022*

*Received 17.03.2022  
Accepted for publication 18.05.2022*