

DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.4.3>

UDC 338.4

LBC 65.291.551-21



Submitted: 01.07.2023

Accepted: 02.09.2023

## DEVELOPMENT OF EFFECTIVE COOPERATION OF UNIVERSITIES, BUSINESS AND GOVERNMENT IN DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL SYMBIOSIS ZONE

**Daria Yu. Mironova**

ITMO University, Saint Petersburg, Russian Federation

**Alexander G. Budrin**

ITMO University, Saint Petersburg, Russian Federation

**Igor V. Baranov**

ITMO University, Saint Petersburg, Russian Federation

**Vladimir E. Krivosheev**

Samara State Technical University, Samara, Russian Federation

**Abstract.** Today, economic science is actively researching the emergence of new business models and cooperative relationships using the principles of industrial symbiosis to improve the economic and energy efficiency of industrial enterprises working in cooperation with state scientific and educational institutions. State support in the development of cooperation between universities and industrial partners is a prerequisite for the transition to a closed-loop economy and sustainable development. The aim of the article is to analyze key development areas in the field of industrial symbiosis in the world, to study various programs and measures stimulating the initiation and development of inter-organizational symbiotic relationships, and to form a new tool for effective cooperation between universities, business, and government that can be presented as an industrial symbiosis zone. The article analyzes the current state of research in the field of industrial symbiosis in world science and identifies the main vectors of research development in industrial symbiosis. The authors present the concept of industrial symbiosis zones: a management system is suggested, the tasks of the main participants in the industrial symbiosis zone are described, and the mechanisms of their interaction are explained. A comparative analysis of industrial symbiosis zones, special economic zones, and industrial clusters is carried out. The article suggests a model for financing industrial symbiosis zones in order to stimulate the emergence of cluster interactions that contribute to the social and economic development of specific enterprises, the scientific, educational, and innovative development of universities, and the sustainable development of regions. The results of this research may be of interest to specialized experts, sustainable development managers, regional government authorities, higher education institutions, and top management of enterprises during the development of effective cooperative relations and sustainable development of regions.

**Key words:** industrial symbiosis zone, industrial symbiosis, special economic zone, clusters, project activity, university, sustainable development, innovation, project office, cooperation.

**Citation.** Mironova D. Yu., Budrin A. G., Baranov I. V., Krivosheev V. E., 2023. Development of Effective Cooperation of Universities, Business and Government in Development of Industrial Symbiosis Zone. *Regionalnaya ekonomika. Yug Rossii* [Regional Economy. South of Russia], vol. 11, no. 4, pp. 28-40. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.4.3>

## РАЗВИТИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ КООПЕРАЦИИ ВУЗОВ, БИЗНЕСА И ГОСУДАРСТВА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЗОНЫ ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА

**Дарья Юрьевна Миронова**

Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Александр Германович Будрин**

Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Игорь Владимирович Баранов**

Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Владимир Евгеньевич Кривошеев**

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

**Аннотация.** Сегодня в экономической науке активно исследуются вопросы формирования новых бизнес-моделей и кооперационных связей с применением принципов промышленного симбиоза для повышения экономической и энергетической эффективности работы промышленных предприятий, работающих в кооперации с государственными и научно-образовательными учреждениями. Государственная поддержка в сфере развития кооперации между университетами и промышленными партнерами является необходимым условием для перехода к экономике замкнутого цикла и устойчивому развитию. Целью статьи является исследование ключевых направлений развития в области промышленного симбиоза в мире, изучение различных программ и инициатив, стимулирующих инициацию и развитие симбиотических взаимодействий между различными организациями, а также формирование нового инструмента эффективной кооперации вузов, бизнеса и государства – зоны промышленного симбиоза. В статье проведен анализ современного состояния изучения в области промышленного симбиоза в мировой науке, выявлены основные векторы развития научных исследований в области промышленного симбиоза. Представлена разработанная авторами концепция зон промышленного симбиоза: предложена система управления, описаны задачи основных участников зоны промышленного симбиоза, а также механизм их взаимодействия. Проведен сравнительный анализ зон промышленного симбиоза с особыми экономическими зонами и промышленными кластерами. Предложена модель финансирования зон промышленного симбиоза для стимулирования формирования кластерных взаимодействий, способствующих социально-эколого-экономическому развитию конкретных предприятий, научно-образовательному и инновационному развитию вузов и устойчивому развитию регионов. Результаты проведенных исследований могут представлять интерес для профильных экспертов, менеджеров по устойчивому развитию, руководства региональных органов власти, высших учебных заведений и топ-менеджмента предприятий в области выстраивания эффективных кооперационных связей и устойчивого развития регионов.

**Ключевые слова:** зона промышленного симбиоза, промышленный симбиоз, особая экономическая зона, кластеры, проектная деятельность, университет, устойчивое развитие, инновации, проектный офис, кооперация.

**Цитирование.** Миронова Д. Ю., Будрин А. Г., Баранов И. В., Кривошеев В. Е., 2023. Развитие эффективной кооперации вузов, бизнеса и государства при формировании зоны промышленного симбиоза // Региональная экономика. Юг России. Т. 11, № 4. С. 28–40. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.4.3>

### Введение

Вопросам устойчивого развития и создания условий для перехода к зеленой экономике на сегодняшний день уделяется серьезное внимание во многих государствах. В данный момент в большинстве стран мира (в том числе и в Рос-

сии) проблема, связанная с неэффективной переработкой и вторичным использованием отходов, которые можно было бы применять в качестве сырья для изготовления новой продукции, занимает одно из важнейших мест в экономической и экологических сферах. Решение этой проблемы могло бы способствовать улучшению эко-

логической обстановки и экономической эффективности в промышленности благодаря усилению взаимодействия между предприятиями, научно-образовательными организациями и муниципалитетами [Дадалко, 2020].

Промышленный симбиоз является комплексным и инновационным подходом к управлению производственными процессами, который позволяет улучшить экономические, экологические, энергетические и социальные показатели компаний и регионов. Он основывается на принципах взаимодействия, обмена ресурсами, энергией, информацией и технологиями между организациями различных отраслей и сфер деятельности. В конце XX в. в различных странах мира начались активные исследования по вопросам устойчивого развития и охраны окружающей среды, и они показали, что промышленные предприятия являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды и выбросов парниковых газов. Поэтому возникла необходимость создания новых подходов к организации производства, которые позволят сократить негативное воздействие промышленности на окружающую среду.

### **Современное состояние исследований в мировой науке**

В США на федеральном уровне промышленный симбиоз был интегрирован в национальную программу «Зеленая химия» (Green Chemistry Program) в 1991 году. Эта программа способствует развитию экономически эффективных производственных процессов на основе принципов зеленой химии, а также применению технологий, которые позволяют повторно использовать и перерабатывать отходы. Сегодня в США промышленный симбиоз также развивается в рамках программы Sustainable Materials Management [Программа «Sustainable Materials Management», 2015], которая направлена на устойчивое использование ресурсов и уменьшение отходов. Благодаря данной программе создаются региональные сети для сотрудничества между предприятиями и государственными органами. В США вопросами исследования промышленного симбиоза занимаются несколько групп ученых, в том числе:

М. Чертоу, профессор Йельского университета; директор Программы по обращению с отходами и директор Центра промышленной экологии Йельской школы окружающей среды.

Ее текущие исследования касаются вопросов промышленной экологии, экономики замкнутого цикла, энергетических систем, устойчивого развития регионов, бизнеса и окружающей среды в сфере обращения с отходами и инноваций в сфере экологических технологий. М. Чертоу является пионером в области промышленного симбиоза, организатор первого международного исследовательского симпозиума по промышленному симбиозу. Основные научные труды посвящены оценке образования неопасных промышленных отходов по секторам, регионам и годам в США [Ashton, Chertow, Althaf, 2022].

У.С. Эштониз из Иллинойского технологического института занимается вопросами промышленной экологии, исследованием экологических показателей, устойчивым производством и погребением, управлением отходами и промышленным симбиозом. В настоящее время работа коллектива сосредоточена на повышении устойчивости и справедливости в городских продовольственных системах, а также на развитии регенеративной экономики замкнутого цикла [Weslynne et al., 2023].

В Европейском союзе промышленный симбиоз развивается в рамках стратегии «Европа 2020» [Communication from the Commission ... , 2020], которая направлена на устойчивое развитие экономики и экологии. Кроме того, создана программа «Еco-Innovation» [European Innovation ... , 2010], которая финансирует проекты по развитию промышленного симбиоза и других экологических технологий. Примечательно, что большое число исследователей из стран Европы также уделяет внимание концепции индустриального симбиоза в своих научных трудах среди них представители: Швеции, Нидерландов, Испании, Германии и Дании и др. Наиболее яркими представителями научного сообщества, в сферу научных интересов которых входят вопросы промышленного симбиоза, является группа ученых из Швеции под руководством профессора Линчепингского университета Й. Амменберга, руководителя подразделения «Промышленный и городской симбиоз» (Industrial and Urban Symbiosis), входящего в состав Департамента менеджмента и инженерии. Они занимаются управлением, координацией и исследовательской деятельностью в сфере эффективного использования ресурсов за счет местного / регионального сотрудничества, включая вопросы повышения ценности отходов и побочных продуктов (материальных и энергетических ресурсов), которые могут быть использованы различ-

ными членами симбиотических цепочек [Ammenberg, Karlsson, 2022]. В состав научной группы входят 17 исследователей (ключевыми из которых являются М. Эклунд [Lindfors, Hagman, Eklund, 2022], С. Густафссон [Quitau et al., 2021], М. Ларссон [Magnusson et al., 2022]; Х. Халлер, А. Фагерхольм [Haller et al., 2023]); ведется работа над тремя крупными научными проектами: «Программа исследований промышленной экологии», «Устойчивый Norrköping», «Исследовательский центр биогазовых решений».

Группа ученых из Дании под руководством Т.Б. Кристенсена из университета Роскилле занимается вопросами минимизации отходов, их повторным использованием, переработкой и инновационной эксплуатацией отходов и побочных продуктов (пластиковые, строительные, а также органические). Активно ведется научно-исследовательская работа с применением теорий и методов экономики замкнутого цикла, цепочек создания стоимости, бизнес-моделей и инноваций, а также промышленной экологии и промышленного симбиоза [Christensen, Thomsen, 2023].

Группа ученых из Германии под руководством Л. Космол из Дрезденского технического университета занимается концептуализацией, разработкой и дальнейшим использованием цифровых платформ для поддержки промышленного симбиоза и содействия устойчивому промышленному развитию [Kosmol, 2019].

Группа ученых из Испании под руководством Л. Кастеллет-Висиано из Университета Валенсии занимается сокращением энергопотребления на очистных сооружениях за счет реализации концепции промышленного симбиоза, исследует и формирует стратегии экономики замкнутого цикла на городских объектах водоснабжения. Одна из основных работ научного коллектива посвящена моделированию тарифов на регенерированную воду в промышленных секторах) [Castellet-Viciano, Hernandez-Chover, Hernández-Sancho, 2022].

Группа ученых из Нидерландов под руководством Каспера П.Х. Ланге из Амстердамского университета прикладных наук исследует различные методы моделирования и симуляции промышленного симбиоза, включая анализ и формирование круговых бизнес-моделей для жизнеспособных и надежных сетей промышленного симбиоза [Lange et al., 2021].

В Великобритании вопросами промышленного симбиоза занимаются с 2000-х гг., когда был создан «Совет по устойчивому развитию»

(Business Council for Sustainable Development – United Kingdom), который взял на себя роль координатора, содействующего развитию сети промышленного симбиоза в регионе Хамбер. Наряду с растущим интересом со стороны других регионов (аналогичные программы были инициированы в регионах Уэст-Мидлендс и Мерси-Эстуарий, Саутгемптон, Тисайд, Джи-Рейнджмут и Ирландии) была инициирована «Национальная программа промышленного симбиоза» [NISP, 2005].

С 2007 г. Национальная программа промышленного симбиоза масштабировала разработанную модель в 20 странах (на национальном или региональном уровне) и стала первой в мире программой развития национального промышленного симбиоза, получившей признание за свои достижения со стороны таких организаций, как ООН и Европейская комиссия.

П. Экинс, профессор энергетической и экологической политики Института энергетики из Университетского колледжа Лондона, Директор «Зеленой фискальной комиссии», вице-председатель «Национальной программы промышленного симбиоза» (2005–2010 гг.). Научная работа коллектива под его руководством посвящена условиям и политике в области устойчивого развития и циркулярной экономики, включая методологические аспекты оценки устойчивого развития, исследование показателей устойчивого роста; анализа устойчивого использования энергии, экологических и экономических инструментов, вопросы устойчивого потребления и др. [Fairbrass et al., 2023].

Т. Доменек – профессор Университетского колледжа Лондона. Основные научные труды научного коллектива под его руководством посвящены сравнительному анализу эффективного управления бытовыми отходами и сокращению выбросов парниковых газов в Китае, применению принципов циркулярной экономики в регенерацию городов, а также экономической и экологической оценке применения тепловых насосов и газовых котлов для экономики замкнутого цикла в Великобритании [Davis, Criollo, 2023].

Япония является примером страны, реализующей поддержку развития промышленного симбиоза в пределах национальной программы «Экогорода» (EcoTown Program) в городе Кавасаки. Развитие промышленности в конце XX в. способствовало тому, что экологическая обстановка в регионе стала заметно ухудшаться. Именно для решения данной проблемы на платформе «Keihin Industrial Zone» началось форми-

рование промышленного симбиоза. В Японии промышленный симбиоз используется в рамках «Кругового общества» (Circular Society), где предприятия работают вместе, чтобы создавать устойчивую экономику на основе повторного использования и переработки материалов [Dong, Ohnishi, Fujita et al., 2013].

В этом контексте было создано несколько промышленных парков, где предприятия имеют возможность обмениваться отходами и ресурсами. Также в стране промышленный симбиоз развивается в рамках стратегии «Society 5.0», которая направлена на устойчивое развитие экономики и общества с помощью цифровых технологий. В рамках данной стратегии созданы цифровые платформы для сотрудничества между предприятиями и научно-исследовательскими учреждениями.

С. Хасимото, профессор Токийского университета, исследует в своих научных трудах существующие и потенциальные методы сокращения выбросов CO<sub>2</sub> за счет промышленного симбиоза в экогородах и как основы для устойчивого развития [Hashimoto et al., 2023].

В России научные исследования в области промышленного симбиоза находятся в активной фазе проработки. Однако в настоящее время нет единой методологии и комплексного отработанного механизма эффективной кооперации между участниками для его реализации и тиражирования. Благодаря программе «Interreg Baltic Sea Region 2014–2020», в 2019 г. был инициирован проект «Балтийский промышленный симбиоз» (BIS) [Baltic Industrial Symbiosis, 2023], главная задача которого – распространение и осуществление поддержки промышленного симбиоза в Балтийском регионе благодаря взаимовыгодному обмену между практиками и экспертами из 13 разных организаций.

В 2020 г. в России в рамках Национальной технологической инициативы «Econet» получил свое развитие проект «Создание экосистемы промышленного симбиоза в России через развитие центров промышленного симбиоза» [Питиримов, 2022], направленного на развитие зеленой экономики и промышленного симбиоза в России как инструмента безотходной экономики. В настоящее время ученые продолжают активно развивать эту концепцию и использовать ее для решения экологических и экономических проблем в регионах. Среди приоритетных направлений исследований в области индустриального симбиоза в России на сегодняшний день следует отме-

тить изучение основных моделей формирования и развития промышленного симбиоза на основании организационной формы его участников, изучение экологических аспектов промышленного развития, новые способы энерго- и ресурсосбережения предприятий, анализ и формирование эффективных методов построения симбиотических цепочек, а также способов оценки эффективности промышленно-симбиотических взаимодействий и др.

О.В. Дударева, к.э.н., доцент Воронежского государственного университета, занимается исследованием вопросов развития промышленных экосистем, исследованием механизмов управления устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях трансформации науки и технологий, моделированием функций промышленной экосистемы с точки зрения рециркуляции отходов и экономии ресурсов [Дударева, 2022].

О.И. Сергиенко, к.э.н., доцент Университета ИТМО, руководитель образовательной программы «Индустриальная экология». Среди направлений исследований О.И. Сергиенко: изучение новых энерго- и ресурсосберегающих процессов в экономике замкнутого цикла, разработка моделей индустриального симбиоза для утилизации отходов органического происхождения для розничной сети; анализ тенденций развития бизнеса по производству биоматериалов в контексте циркулярной экономики [Сергиенко, 2023].

Следовательно, реализация концепции промышленного симбиоза в различных странах мира демонстрирует ее эффективность и значимость для устойчивого развития экономики и экологии. Однако каждая страна имеет свои особенности в реализации данной концепции, которые зависят от многих факторов, таких как экономическая, экологическая, социальная и политическая ситуация в стране, и каждое государство должно учитывать свои особенности и разрабатывать соответствующие стратегии устойчивого развития.

Таким образом, были выявлены *основные направления исследований в мировой науке*: исследования возможностей применения концепции промышленного симбиоза в рамках: конкретного региона; различных отраслей; развитие сетей промышленного симбиоза и оценка их эффективности; сравнительный анализ современных передовых практик развития промышленного симбиоза в разных странах; разработка цифровых платформ индустриального симбиоза для стимулирования кооперации между организациями – участниками симбиотических цепочек;

оценка бизнес-моделей промышленного симбиоза; формирование эко-индустриальных парков, функционирующих по принципу индустриального симбиоза.

### Концепция формирования зон промышленного симбиоза

Авторами вводится понятие зоны промышленного симбиоза, представляющей собой территорию, на которой между организациями различного типа (образовательными, научными, производственными, а также объектами муниципального управления) формируются взаимовыгодные отношения на основе принципов промышленного симбиоза.

На сегодняшний день в РФ существуют различные механизмы экономического развития региона: особые экономические зоны, промышленные кластеры и др. [Гайша, 2020]. Проведем сравнительный анализ вышеперечисленных механизмов с зонами промышленного симбиоза по ряду критериев, таких как: резиденты, законодательное оформление территории, цель создания, способ создания, организационное управление, срок существования, льготный налоговый и таможенный режим (табл. 1).

Следует отметить, что при создании ОЭЗ и кластеров не ставилась задача выстраивания кооперации между участниками взаимодействия по принципу экономики замкнутого цикла, в отличие от ЗПС. Кроме того, немаловажным фактором

Таблица 1

### Сравнительный анализ особых экономических зон, промышленных кластеров и зон промышленного симбиоза

Параметры сравнения	ОЭЗ	Кластер	ЗПС
Резиденты	Коммерческие организации, индивидуальные предприниматели	Компании определенных отраслей хозяйствования, совместно действующих в определенном виде бизнеса, на конкретной географической территории	Вузы, НИИ, предприятия, некоммерческие организации, органы исполнительной власти, заинтересованные в формировании промышленного симбиоза
Законодательное оформление территории	Закреплена	Не ограничена	Не ограничена
Цель создания	Развитие обрабатывающих отраслей экономики, высокотехнологичных отраслей экономики, развитие туризма, санаторно-курортной сферы, портовой и транспортной инфраструктур, разработка технологий и коммерциализации их результатов, производство новых видов продукции [Федеральный закон от 22.07.2005 № 116 ... , 2005]	Создание совокупности субъектов деятельности в сфере промышленности, связанных отношениями в указанной сфере вследствие территориальной близости и функциональной зависимости и размещенных на территории одного или нескольких субъектов Российской Федерации, производящих промышленную продукцию [Постановление Правительства РФ от 31.07.2015 № 779 ... , 2015]	Повышение эколого-социально-экономической эффективности и устойчивого развития регионов путем создания кооперационных связей между резидентами ЗПС
Способ создания	Решение о создании особой экономической зоны принимается Правительством РФ	Соглашение, заключенное между специализированной организацией кластера и исполнительными органами государственной власти субъектов РФ	Соглашение, заключенное между участниками симбиотической цепочки: вузами, предприятиями и государственными органами исполнительной власти соответствующего субъекта РФ
Организационное управление	Локальная администрация	Управляющая компания	Общее собрание президиума ЗПС
Срок существования	49 лет (продлению не подлежит)	Строго не регламентируется	Бессрочно
Льготный налоговый и таможенный режим	Предусмотрен законодательно	Не предусмотрен	Планируется разработать в рамках мер государственной поддержки

Примечание. Составлено авторами.

является то, что ни одна из альтернатив ЗПС не ставит перед собой задачу использования отходов одного производства в качестве ресурсной базы для технологических процессов соседних предприятий. ОЭЗ и кластеры первоочередной целью ставят размещение целого ряда высокотехнологичных производств на одной территории, тем самым увеличивается количество рабочих мест и происходит повышение социально-экономического развития региона. Отметим, что на сегодняшний день эффективность функционирования ОЭЗ и кластеров вызывает ряд вопросов и диспутов, и, несмотря на некоторые позитивные изменения в развитии социально-экономической составляющей регионов, проблемам экологической эффективности производств не уделяется должного внимания. Для обеспечения большей автономности ЗПС по сравнению с ОЭЗ и кластерами авторами предлагается следующая система управления ЗПС (рис. 1).

### Управление зоной промышленного симбиоза

В данной статье перед авторами стояла задача разработать систему управления зоной промышленного симбиоза. Для управления ЗПС была сформирована вертикаль управления, в основе которой лежит принцип коллегиальности. Главным органом управления ЗПС является общее собрание членов ЗПС, в которое входит руководство всех предприятий – участников ЗПС. На общем собрании членов ЗПС избирается Президиум ЗПС, который выносит на обсуждение вопросы, касающиеся функционирования ЗПС и деятельности ее резидентов (участников). Председателем президиума должен быть назначен представитель вуза – лидера кооперации.

Параллельно с формированием президиума создается управляющая компания, в которую входят основатели созданной зоны: представители вуза, промышленных партнеров и администрации региона, где будет функционировать зона промышленного симбиоза. Управляющая компания должна быть создана в долевом участии между государством, вузом и предприятиями-резидентами.

Доля каждого участника в управляющей компании пропорциональна количеству членов – основателей ЗПС. Кооперация участников симбиотических цепочек может быть эффективной при грамотно выстроенной схеме управления и координации. Для этого в рамках управляющей компании создается проектный офис на базе вуза, в задачи которого входит: формирование базы данных об отходах и ресурсах участников ЗПС (существующих и потенциальных резидентов); привлечение новых резидентов; создание и управление объектами инфраструктуры для обеспечения функционирования ЗПС, в соответствии с соглашением о создании ЗПС; сопровождение проектной деятельности участников ЗПС в части грантовой поддержки, разработки бизнес-планов и др.; организационная, методическая и информационная поддержка участников ЗПС; популяризация промышленного симбиоза.

Рассмотрим ключевые задачи основных участников зоны промышленного симбиоза: вузов, предприятий и органов власти (государства) (см. табл. 2).

Сегодня существуют различные механизмы кооперации вузов, предприятий и государства [Инютина, 2019], и задачи, которые описаны выше, являются крайне актуальными в условиях постепенного перехода страны к экономике замкнутого цикла в условиях трансформации науки, образования и бизнеса [Искандерова, 2021].

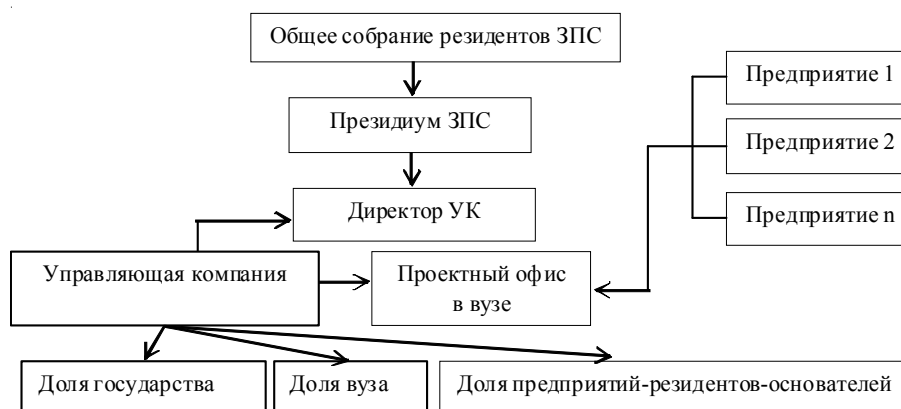


Рис. 1. Органы управления зоной промышленного симбиоза

Примечание. Составлено авторами.

Рассмотрим возможные варианты стимулирования государством развития промышленного симбиоза в стране в рамках концепции зон промышленного симбиоза.

### Меры государственной поддержки зон промышленного симбиоза

Предлагаемая авторами концепция зон промышленного симбиоза может быть реализована

в случае создания государством условий, стимулирующих участников кооперационных связей вступить во взаимодействие в рамках ЗПС. Субсидия государства, по мнению авторов статьи, может быть выделена вузу на создание совместного проекта с предприятиями и органами власти для запуска зоны промышленного симбиоза. На рисунке 2 представлен механизм взаимодействия участников, заинтересованных в промышленном симбиозе.

Таблица 2

Задачи основных участников зоны промышленного симбиоза

ВУЗЫ	ПРЕДПРИЯТИЯ	ГОСУДАРСТВО
<ul style="list-style-type: none"> <li>– развитие нового научно-образовательного направления (промышленный симбиоз);</li> <li>– формирование новых бизнес-моделей и кооперационных связей с применением принципов циркулярной экономики;</li> <li>– вовлечение талантливой молодежи в проектно-инновационную деятельность вуза в сфере промышленного симбиоза;</li> <li>– организация практической подготовки / стажировок / трудоустройства студентов на предприятиях, участвующих в симбиотических цепочках;</li> <li>– популяризация промышленного симбиоза</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– внедрение новых перспективных технологий;</li> <li>– выполнение совместных проектов (научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ)</li> <li>– повышение экономической эффективности благодаря оптимизации затрат, на утилизацию отходов;</li> <li>– диверсификация / создание инновационных производств за счет развития новых бизнес-моделей;</li> <li>– получение государственных субсидий для эффективной кооперации между промышленными партнерами и научно-образовательными учреждениями</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– создание эффективных кооперационных связей между предприятиями, вузами и муниципалитетами;</li> <li>– формирование новых проектов, направленных на устойчивое развитие регионов;</li> <li>– увеличение количества рабочих мест;</li> <li>– создание новых инновационных производств и технологий, разработанных в результате применения принципов промышленного симбиоза;</li> <li>– разработка предложений по государственным мерам поддержки кооперации вузов и предприятий в области промышленного симбиоза;</li> <li>– разработка предложений по субсидированию организаций – участников симбиотических цепочек</li> </ul>

Примечание. Составлено авторами.



Рис. 2. Механизм взаимодействия участников, заинтересованных в промышленном симбиозе

Примечание. Составлено авторами.



В данной схеме предполагается, что вуз может обратиться за финансовой поддержкой комплексного проекта по созданию зоны промышленного симбиоза в одно из ведомств, которое от лица государства будет координировать вопросы формирования зон промышленного симбиоза (Министерство промышленности и торговли, Министерство высшего образования и науки или Министерство экономического развития). Однако, на наш взгляд, проект, подаваемый вузом на предоставление субсидии, должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1) в формируемую зону промышленного симбиоза должны войти помимо вуза – лидера кооперации не менее трех индустриальных партнеров, один представитель исполнительного органа власти (администрация региона, комитет и т. д.) и один ассоциированный партнер (не менее одного);
- 2) предоставить письма о заинтересованности создания ЗПС от всех членов кооперации;
- 3) описать предварительную симбиотическую цепочку между участниками кооперации (с подробным описанием технологий, которые вуз будет внедрять в производства, а также отходов и ресурсов предприятий);
- 4) указать предполагаемое территориальное расположение ЗПС;
- 5) предоставить обоснование целесообразности создания ЗПС.

Количество организаций – участников промышленного симбиоза может быть различным и зависит от многих факторов, однако, по мнению авторов, три предприятия – это необходимый минимум для отлаживания эффективной кооперации между участниками создаваемой ЗПС. Письма поддержки, запрашиваемые в рамках субсидии, являются важной составляющей проектной заявки, поскольку в них отражены потребности, мотивация и гарантии участников симбиотической цепочки вступить в кооперацию. Задачей ассоциированного партнера (ассоциированных партнеров) будет оказание информационной поддержки реализуемого проекта, помощь с привлечением дополнительных инвестиций в проект, популяризация промышленного симбиоза. Предполагается, что средства субсидии будут предоставлены вузу на: создание (регистрацию) управляющей компании с долями инициаторов проекта; проектирование и моделирование ЗПС; разработку бизнес-плана ЗПС; оплату труда сотрудников.

Оптимальный, на наш взгляд, срок предоставления субсидии – 3 года. Данный временной

период является оптимальным и достаточным для того, чтобы показать результаты проделанной работы и выйти на самоокупаемость. Софинансирование данного проекта не является обязательным в первые 3 года его реализации, но начиная с 4-го года реализации проекта привлечение дополнительных инвестиций является обязательным. Государственное финансирование ЗПС начиная с 4-го года функционирования зоны, будет являться дополнительным (станет софинансированием).

Таким образом, описанная модель финансирования зон промышленного симбиоза может стать стимулом для формирования подобных кластерных взаимодействий, способствующих социально-эколого-экономическому развитию конкретных предприятий, научно-образовательному и инновационному развитию вузов и устойчивому развитию регионов.

Кроме того, по мнению авторов данного исследования, существующие меры государственного стимулирования взаимодействия вузов и предприятий, направленные на развитие кооперации вузов, государственных научных учреждений и предприятий для осуществления комплексных проектов по созданию высокотехнологичных производств [Постановление Правительства РФ от 09.04.2010 № 218 ... , 2010] получили бы гораздо большую востребованность в случае запуска инициативы авторов по субсидированию вузов в рамках создания ЗПС. Это связано с тем, что в создаваемых ЗПС открывались бы новые высокотехнологичные предприятия, которые сразу в кооперации с вузом внедряли бы инновационные технологии в производство. И как раз государственная поддержка предприятий позволила бы активнее выстраивать кооперационные цепочки и повышать свой инновационный потенциал.

## Выводы

В результате проведенного исследования отечественной и мировой науки в области промышленного симбиоза были определены ключевые направления развития научных исследований в области промышленного симбиоза. Введено авторское понятие – зона промышленного симбиоза. Проведен сравнительный анализ ОЭЗ, промышленных кластеров и ЗПС по ряду критериев. Авторами разработана модель управления зоной промышленного симбиоза. Описаны задачи основных участников зон промышленного симбиоза, а также механизм их взаимодействия.

Предложены меры государственной поддержки ЗПС. Результаты проведенных исследований имеют практическую применимость и значимость для администрации регионов, университетов, а также руководства предприятий в области построения симбиотических цепочек и устойчивого развития.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Гайша О. Д., 2020. Интеграция кластера и особой экономической зоны как инструмент повышения эффективности развития региональных экономических систем // Вестник университета. № 7. С. 96–102.
- Дадалко В. А., 2020. Взаимодействие секторов высшего образования, бизнеса, государства и общества как условия национальной безопасности при формировании информационной экономики // Общество и экономика. № 5. С. 54–67.
- Дударева О. В., 2022. Управление устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций : дис. д-ра экон. наук. Воронеж. 415 с.
- Инютина Е. Н., 2019. Опыт взаимодействия вузов и бизнеса в сфере трансфера технологий в Германии // Наука и бизнес: пути развития. № 3 (93). С. 77–80.
- Искандерова Т. А., 2021. Механизм взаимодействия вузов, научных организаций и промышленных партнеров по созданию инноваций на основе интеграции // Россия: тенденции и перспективы развития. Вып. 16, ч. 1. С. 547–551.
- Питиримов Н. В., 2022. Создание экосистемы промышленного симбиоза в России через развитие центров промышленного симбиоза // Официальный сайт Университета 2035. URL: <https://projects.2035.university/project/sozдание-ekosistemy-promyslennogo-simbioza-v-rossii-cerez-razvitie-centrov-promyslennogo-simbioza>
- Постановление Правительства РФ от 31 июля 2015 г. № 779 «О промышленных кластерах и специализированных организациях промышленных кластеров», 2015. URL: <https://akitrf.ru/upload/medialibrary/3dc/3dca3f60cf2d555b8a1f46df7cb2cc47.pdf>
- Постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года № 218 «Об утверждении Правил предоставления субсидий на развитие кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций реального сектора экономики в целях реализации комплексных проектов по созданию высокотехнологичных производств», 2010. URL: <https://pp218.ru/>
- Программа «Sustainable Materials Management», 2015 // Официальный сайт Американского агентства по защите окружающей среды. URL: <https://www.epa.gov/smm>
- Сергиенко О. И., 2023. Эколого-экономическое обоснование принятия решений при выборе технологий термической утилизации отходов с учетом ранжирования критериев устойчивости // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. № 2 (53). С. 150–163. DOI: 10.17586/2310-1172-2023-16-2-150-163
- Федеральный закон от 22.07.2005 № 116-ФЗ (ред. от 18.03.2023) «Об особых экономических зонах в Российской Федерации», 2023. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_54599/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54599/)
- Ammenberg J., Karlsson J., 2022. Exploring Green Logistics Practices in Freight Transport and Logistics: A Study of Biomethane Use in Sweden // International Journal of Logistics Research and Applications. No. 26. P. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1080/13675567.2022.2100332>
- Ashton W.S., Chertow M.R., Althaf S., 2022. Industrial Symbiosis: Novel Supply Networks for the Circular Economy // Circular Economy Supply Chains: From Chains to Systems. Vol. 19. P. 29–48. DOI: <https://doi.org/10.1108/978-1-83982-544-620221002>
- Baltic Industrial Symbiosis, 2019. URL: [https://tyreman.ru/bis\\_en](https://tyreman.ru/bis_en)
- Castellet-Viciano L., Hernandez-Chover V., Hernández-Sancho F., 2022. The Benefits of Circular Economy Strategies in Urban Water Facilities // Science of The Total Environment. Vol. 844. P. 157–172. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157172
- Christensen T. B., Thomsen T. P., 2023. Climate Change-Motivated Development of EU’s Energy Production and Use Systems // Interdisciplinary Perspectives on Socioecological Challenges. Vol. 6. P. 18–29. DOI: 10.4324/9781003319672-9
- Communication from the Commission. Europe 2020. A Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth, 2020. URL: <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf>
- Davis V., Criollo D., 2023. The ‘Human Sphere’ and the Figure of 8 as the Enabler of Circular Economy in Developing Countries: A Case Study // Urban and Transit Planning. P. 207–218. DOI: 10.1007/978-3-031-20995-6\_19
- European Innovation Scoreboard, 2010. URL: [https://green-business.ec.europa.eu/eeco-innovation\\_en](https://green-business.ec.europa.eu/eeco-innovation_en)
- Fairbrass A., O’Sullivan, A., Campbell J., Ekins P., 2023. The SDG Monitoring Framework Provides Limited Evidence That Environmental Policies are Delivering Multiple Ecological and Social Benefits // Earth’s Future. No. 5. P. 45–55. DOI: 10.22541/essoar.167898497.73662267/v1
- Haller H., Fagerholm A., Carlsson P., Skoglund W., Brink P., Danielski I., Brink K., Mirata M., Englund O., 2022. Towards a Resilient and Resource-Efficient Local

- Food System Based on Industrial Symbiosis in Hårnösand: A Swedish Case Study // *Sustainability*. Vol. 14 (4). P. 8–15. DOI: 10.3390/su14042197
- Hashimoto S., Saito O., Okayasu S., Kim H., Peterson G., 2023. Modeling Desirable Futures at Local Scale by Combining the Nature Futures Framework and Multi-Objective Optimization // *Sustainability Science*. No. 14. P. 1–21. DOI: 10.1007/s11625-023-01301-8
- Dong H., Ohnishi S., Fujita T., 2013. Achieving Carbon Emission Reduction Through Industrial & Urban Symbiosis: A Case of Kawasaki // *Energy*. Vol. 64. P. 277–286. DOI: 10.1016/j.energy.2013.11.005
- Kosmol L., 2019. Sharing is Caring – Information and Knowledge in Industrial Symbiosis: A Systematic Review // *Conference on Business Informatics (CBI)*. Moscow, IEEE. P. 24–27. DOI: 10.1109 / CBI.2019.00010
- Lange K., Korevaar G., Nikolic I., Herder P., 2021. Actor Behaviour and Robustness of Industrial Symbiosis Networks: An Agent-Based Modelling Approach // *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* Vol. 24. P. 78–88. DOI: 10.18564/jasss.4635
- Lindfors A., Hagman L., Eklund M., 2022. The Nordic Biogas Model: Conceptualization, Societal Effects, and Policy Recommendations // *City and Environment Interactions*. Vol. 15. P. 54–56. DOI: 10.1016/j.cacint.2022.100083
- Magnusson T., Zanatta H., Larsson M., Kanda W., Hjelm O., 2022. Circular Economy, Varieties of Capitalism and Technology Diffusion: Anaerobic Digestion in Sweden and Paraná // *Journal of Cleaner Production*. Vol. 335. P. 3–6. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.130300
- NISP, National Industrial Symbiosis Programme, 2005. URL: <https://www.nispnetwork.com/>
- Quitau M., Gustafsson S., Hoffmann B., Krantz V., 2021. Sustainability Coordination Within Forerunning Nordic Municipalities – Exploring Structural Challenges Across Departmental Silos and Hierarchies // *Journal of Cleaner Production*. Vol. 21. P. 248–260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130330>
- Weslyne A., Heidrich O., Derrible S., Bilec M., 2023. Three Research Priorities for Just and Sustainable Urban Systems: Now is the Time to Refocus // *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 27. P. 382–394. DOI: 10.1108/978-1-83982-544-620221002
- Dadalko V.A., 2020. Vzaimodeystviye sektorov vysshego obrazovaniya biznesa, gosudarstva i obshchestva kak usloviya natsionalnoy bezopasnosti pri formirovaniy informatsionnoy ekonomiki [The Interaction Between the Sectors of Higher Education, Business, State and Society Is Vital for National Security When Building the Information Economy]. *Obshchestvo i ekonomika* [Society and Economy], no. 5, pp. 54-67.
- Dudareva O.V., 2022. *Upravleniye ustoychivym razvitiyem promyshlennykh ekosistem v usloviyakh tekhnologicheskikh transformatsiy: dis. d-ra ekon. nauk* [Management of Sustainable Development of Industrial Ecosystems Under Conditions of Technological Transformation]. Voronezh. 415 p.
- Inyutina E.N., 2019. Opyt vzaimodeystviya vuzov i biznesa v sfere transfera tekhnologiy v Germanii [Experience of University and Business Interaction in the Sphere of Technology Transfer in Germany]. *Nauka i biznes: puti razvitiya* [Science and Business: Ways of Development], no. 3 (93), pp. 77-80.
- Iskyanderova T.A., 2021. Mekhanizm vzaimodeystviya vuzov, nauchnykh organizatsiy i industrialnykh partnerov po sozdaniyu innovatsiy na osnove integratsii [Interaction Mechanism of Universities, Scientific Organizations and Industrial Partners to Create Innovations Based on Integration]. *Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya* [Russia: Trends and Prospects of Development], vol. 16, pt. 1, pp. 547-551.
- Pitirimov N.V., 2022. Sozdaniye ekosistem promyshlennogo simbioza v Rossii cherez razvitiye tsentrov promyshlennogo simbioza [Creation of Industrial Symbiosis Ecosystem in Russia Through the Development of Industrial Symbiosis Centers]. *Ofitsialnyy sayt Universiteta 2035* [Official Website of the University 2035]. URL: <https://projects.2035.university/project/sozdanie-ekosistem-promyshlennogo-simbioza-v-rossii-cherез-razvitie-centrov-promyshlennogo-simbioza>
- Postanovleniye Pravitelstva RF ot 31 iyulya 2015 g. № 779 «O promyshlennykh klasterakh i spetsializirovannykh organizatsiyakh promyshlennykh klasterov»* [Decree of the Government of the Russian Federation of July 31, 2015 No. 779 “On Industrial Clusters and Specialized Organizations of Industrial Clusters”], 2015. URL: <https://akitrf.ru/upload/medialibrary/3dc/3dca3f60cf2d555b8a1f46df7cb2cc47.pdf>
- Postanovlenie Pravitelstva Rossijskoj Federacii ot 9 aprelya 2010 goda № 218 «Ob utverzhdenii Pravil predostavleniya subsidij na razvitie kooperacii rossijskih obrazovatelnykh organizacij vysshego obrazovaniya, gosudarstvennykh nauchnykh uchrezhdenij i organizacij realnogo sektora ekonomiki v celyah realizacii kompleksnykh proektov po sozdaniyu vysokotekhnologichnykh*

## REFERENCES

Gaysha O.D., 2020. Integratsiya klastera i osoboy ekonomicheskoy zony kak instrument povysheniya effektivnosti razvitiya regionalnykh ekonomicheskikh sistem [Integration of a Cluster and a Special Economic Zone as a Tool for Improving the Efficiency of Regional Economic Systems]. *Vestnik universiteta* [University Bulletin], no. 7, pp. 96-102.

- proizvodstv»* [Resolution of the Government of the Russian Federation of April 9, 2010, No. 218 “On Approval of the Rules for Granting Subsidies for the Development of Cooperation between Russian Educational Organizations of Higher Education, State Scientific Institutions and Organizations of the Real Sector of the Economy for the Purpose of Implementing Complex Projects for the Creation of High-Tech Productions”], 2010. URL: <https://pp218.ru/>
- Programma «Sustainable Materials Management» [Sustainable Materials Management Program], 2015. *Ofitsialnyy sayt Amerikanskogo agentstva po zashchite okruzhayushchey sredy* [Official Website of the US Environmental Protection Agency]. URL: <https://www.epa.gov/smm>
- Sergiyenko O.I., 2023. Ekologo-ekonomicheskoye obosnovaniye prinyatiya resheniy pri vybere tekhnologiy termicheskoy utilizatsii otkhodov s uchetom ranzhirovaniya kriteriyev ustoychivosti [Ecological and Economic Justification of Decision-Making When Choosing Technologies for Thermal Adaptation of Waste, Taking into Account the Ranking of Sustainability Criteria]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Ekonomika i ekologicheskiy menedzhment* [Scientific Journal NRU ITMO. Series “Economics and Environmental Management”], no. 2 (53), pp. 150-163. DOI: 10.17586/2310-1172-2023-16-2-150-163
- Federalnyy zakon ot 22.07.2005 № 116-FZ (red. ot 18.03.2023) «Ob osobyykh ekonomicheskikh zonakh v Rossiyskoy Federatsii»* [Federal Law of July 22, 2005 No. 116-FZ (As Amended of March 18, 2023) “On Special Economic Zones in the Russian Federation”], 2023. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_54599/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54599/)
- Ammenberg J., Karlsson J., 2022. Exploring Green Logistics Practices in Freight Transport and Logistics: A Study of Biomethane Use in Sweden. *International Journal of Logistics Research and Applications*, no. 26, pp. 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1080/13675567.2022.2100332>
- Ashton W.S., Chertow M.R., Althaf S., 2022. Industrial Symbiosis: Novel Supply Networks for the Circular Economy. *Circular Economy Supply Chains: From Chains to Systems*, vol. 19, pp. 29-48. DOI: <https://doi.org/10.1108/978-1-83982-544-620221002>
- Baltic Industrial Symbiosis*, 2019. URL: [https://tyreman.ru/bis\\_en](https://tyreman.ru/bis_en)
- Castellet-Viciano L., Hernandez-Chover V., Hernández-Sancho F., 2022. The Benefits of Circular Economy Strategies in Urban Water Facilities. *Science of the Total Environment*, vol. 844, pp. 157-172. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157172
- Christensen T.B., Thomsen T.P., 2023. Climate Change-Motivated Development of EU’s Energy Production and Use Systems. *Interdisciplinary Perspectives on Socioecological Challenges*, vol. 6, pp. 18-29. DOI: 10.4324/9781003319672-9
- Communication from the Commission. Europe 2020. A Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth*, 2020. URL: <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf>
- Davis V., Criollo D., 2023. The ‘Human Sphere’ and the Figure of 8 as the Enabler of Circular Economy in Developing Countries: A Case Study. *Urban and Transit Planning*, pp. 207-218. DOI: 10.1007/978-3-031-20995-6\_19
- European Innovation Scoreboard*, 2010. URL: [https://green-business.ec.europa.eu/euro-innovation\\_en](https://green-business.ec.europa.eu/euro-innovation_en)
- Fairbrass A., O’Sullivan A., Campbell J., Ekins P., 2023. The SDG Monitoring Framework Provides Limited Evidence That Environmental Policies Are Delivering Multiple Ecological and Social Benefits. *Earth’s Future*, no. 5, pp. 45-55. DOI: 10.22541/essoar.167898497.73662267/v1
- Haller H., Fagerholm A., Carlsson P., Skoglund W., Brink P., Danielski I., Brink K., Mirata M., Englund O., 2022. Towards a Resilient and Resource-Efficient Local Food System Based on Industrial Symbiosis in Härnösand: A Swedish Case Study. *Sustainability*, vol. 14 (4), pp. 8-15. DOI: 10.3390/su14042197
- Hashimoto S., Saito O., Okayasu S., Kim H., Peterson G., 2023. Modeling Desirable Futures at Local Scale by Combining the Nature Futures Framework and Multi-Objective Optimization. *Sustainability Science*, no. 14, pp. 1-21. DOI: 10.1007/s11625-023-01301-8
- Dong H., Ohnishi S., Fujita T., 2013. Achieving Carbon Emission Reduction Through Industrial & Urban Symbiosis: A Case of Kawasaki. *Energy*, vol. 64, pp. 277-286. DOI: 10.1016/j.energy.2013.11.005
- Kosmol L., 2019. Sharing is Caring – Information and Knowledge in Industrial Symbiosis: A Systematic Review. *Conference on Business Informatics (CBI)*. Moscow, IEEE, pp. 24-27. DOI: 10.1109 / CBI.2019.00010
- Lange K., Korevaar G., Nikolic I., Herder P., 2021. Actor Behaviour and Robustness of Industrial Symbiosis Networks: An Agent-Based Modelling Approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 24, pp. 78-88. DOI: 10.18564/jasss.4635
- Lindfors A., Hagman L., Eklund M., 2022. The Nordic Biogas Model: Conceptualization, Societal Effects, and Policy Recommendations. *City and Environment Interactions*, vol. 15, pp. 54-56. DOI: 10.1016/j.cacint.2022.100083
- Magnusson T., Zanatta H., Larsson M., Kanda W., Hjelm O., 2022. Circular Economy, Varieties of Capitalism and Technology Diffusion: Anaerobic Digestion in Sweden and Paraná. *Journal of Cleaner Production*, vol. 335, pp. 3-6. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.130300
- NISP, National Industrial Symbiosis Programme*, 2005. URL: <https://www.nispnetwork.com/>
- Quitau M., Gustafsson S., Hoffmann B., Krantz V., 2021. Sustainability Coordination Within Forerunning

Nordic Municipalities – Exploring Structural Challenges Across Departmental Silos and Hierarchies. *Journal of Cleaner Production*, vol. 21, pp. 248-260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130330>

Weslyne A., Heidrich O., Derrible S., Bilec M., 2023. Three Research Priorities for Just and Sustainable Urban Systems: Now is the Time to Refocus. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 27, pp. 382-394. DOI: [10.1108/978-1-83982-544-620221002](https://doi.org/10.1108/978-1-83982-544-620221002)

### Information About the Authors

**Daria Yu. Mironova**, Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Educational Center “Energy Efficient Engineering Systems”, Director of the Center of Project Management and Commercialization, ITMO University, Prosp. Kronverksky, 49, 197101 Saint Petersburg, Russian Federation, [mironova@itmo.ru](mailto:mironova@itmo.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9594-7691>

**Alexander G. Budrin**, Doctor of Sciences (Economics), Professor, Faculty of Technology Management and Innovation, ITMO University, Prosp. Kronverksky, 49, 197101 Saint Petersburg, Russian Federation, [agbudrin@itmo.ru](mailto:agbudrin@itmo.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1035-2689>

**Igor V. Baranov**, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Director of Educational Center “Energy Efficient Engineering Systems”, ITMO University, Prosp. Kronverksky, 49, 197101 Saint Petersburg, Russian Federation, [ivbaranov@itmo.ru](mailto:ivbaranov@itmo.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0595-368X>

**Vladimir E. Krivosheev**, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Department of Industrial Heat Power Engineering, Samara State Technical University, Molodogvardeyskaya St, 244, 443100 Samara, Russian Federation, [krvd@yandex.ru](mailto:krvd@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-2365-1861>

### Информация об авторах

**Дарья Юрьевна Миронова**, кандидат экономических наук, доцент образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы», директор центра проектной деятельности и коммерциализации, Университет ИТМО, просп. Кронверкский, 49, 197101 г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, [mironova@itmo.ru](mailto:mironova@itmo.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9594-7691>

**Александр Германович Будрин**, доктор экономических наук, профессор факультета технологического менеджмента и инноваций, Университет ИТМО, просп. Кронверкский, 49, 197101 г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, [agbudrin@itmo.ru](mailto:agbudrin@itmo.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1035-2689>

**Игорь Владимирович Баранов**, доктор технических наук, профессор, директор образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы», Университет ИТМО, просп. Кронверкский, 49, 197101 г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, [ivbaranov@itmo.ru](mailto:ivbaranov@itmo.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0595-368X>

**Владимир Евгеньевич Кривошеев**, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, 443100 г. Самара, Российская Федерация, [krvd@yandex.ru](mailto:krvd@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-2365-1861>