

МОДЕРНИЗАЦИЯ И ИННОВАЦИИ

УДК 338.45

JEL: L52, O14

Построение модели промышленного симбиоза на основе концепции устойчивого регионального развития

Д.А. Фокина, д.э.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-9551-2508>; SPIN-код (РИНЦ): 2682-4643

Scopus author ID: 57200541677

e-mail: Fokina.da@rea.ru

А.С. Зинченко, к.э.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-7971-4572>; SPIN-код (РИНЦ): 7948-5040

Scopus author ID: 59124941500

e-mail: zinchenko1980@yandex.ru

Для цитирования

Фокина Д.А., Зинченко А.С. Построение модели промышленного симбиоза на основе концепции устойчивого регионального развития // Проблемы рыночной экономики. – 2025. – № 4. – С. 182-197.

DOI: 10.33051/2500-2325-2025-4-182-197

Аннотация

Целью настоящей статьи является имплементация построения модели промышленного симбиоза на основе концепции устойчивого регионального развития. Задачи исследования связаны с раскрытием экономико-математической сущности промышленного симбиоза в рамках решения задач устойчивого развития экономики региона. В процессе написания статьи проанализированы ключевые характеристики концепции промышленного симбиоза, способствующие укреплению производственной кооперации и цепочек поставок субъектов хозяйствования, выделены технологии создания экосистемы промышленного симбиоза. Авторами статьи разработана концептуальная модель промышленного симбиоза, а также сделан вывод о том, что в рамках реализации концепции устойчивого регионального развития необходимо внедрение бизнес-модели промышленного симбиоза производственно-хозяйствующих субъектов. Практическое применение выводов статьи направлено на имплементацию результатов руководителями предприятий, реализующих циркулярные бизнес-модели в целях устойчивого регионального развития, включая повышение эффективности ресурсосбережения, защиты окружающей среды, повышения социальной ответственности.

Ключевые слова: модель промышленного симбиоза, циркулярная экономика, концептуальная схема развития промышленного симбиоза, устойчивое региональное развитие.

Construction of a model of industrial symbiosis based on the concept of sustainable regional development

Darya A. Fokina, Dr. of Sci. (Econ.), Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-9551-2508>; SPIN-code (RSCI): 2682-4643

Scopus author ID: 57200541677

e-mail: Fokina.da@rea.ru

Aleksandr S. Zinchenko, Cand. of Sci. (Econ.), Associate Professor
<https://orcid.org/0000-0001-7971-4572>; SPIN-code (RSCI): 7948-5040
Scopus author ID: 59124941500
e-mail: zinchenko1980@yandex.ru

For citation

Fokina D.A., Zinchenko A.S. Construction of a model of industrial symbiosis based on the concept of sustainable regional development // Market economy problems. – 2025. – No. 4. – Pp. 182-197 (In Russian).

DOI: [10.33051/2500-2325-2025-4-182-197](https://doi.org/10.33051/2500-2325-2025-4-182-197)

Abstract

The purpose of this article is to implement the construction of an industrial symbiosis model based on the concept of sustainable regional development. The objectives of the study are related to the disclosure of the economic and mathematical essence of industrial symbiosis in the context of solving the problems of sustainable development of the regional economy. In the process of writing the article, the key characteristics of the industrial symbiosis concept were analyzed, contributing to the strengthening of production cooperation and supply chains of business entities, and the technologies for creating an industrial symbiosis ecosystem were identified. The authors of the article developed a conceptual model of industrial symbiosis, and also concluded that in the framework of implementing the concept of sustainable regional development, it is necessary to implement a business model of industrial symbiosis of production and business entities. Practical application of the conclusions of the article is aimed at the implementation of the results by the heads of enterprises implementing circular business models for the purposes of sustainable regional development, including increasing the efficiency of resource conservation, environmental protection, and increasing social responsibility.

Keywords: *industrial symbiosis model, circular economy, sustainable regional development.*

Введение. В последнее время экологи все чаще обращают внимание на изменения климата, сопряжённые с повсеместными и необратимыми последствиями для антропогенных и естественных систем. Климатические изменения усиливают риски экологической безопасности и устойчивого экономического развития регионов. Для решения проблем, связанных неблагоприятным влиянием промышленного производства на окружающую среду, необходима концепция регионального развития, направленная на снижение антропогенного воздействия и минимизацию экологических рисков [1]. В соответствии с концепцией минимизации экологических рисков производственно-экономические системы должны развиваться для удовлетворения текущих потребностей, но не ставя под угрозу способность будущих поколений делать то же самое [2].

Модель промышленного позволяет сокращать потребление первичных ресурсов и минимизировать количество отходов [3], то есть инструментальное обоснование использования отходов одного предприятия в качестве ресурсов для другого. Именно этот принцип лежит в основе концепции промышленного симбиоза [4]. Концепция может быть рассмотрена как основа обеспечения устойчивого экономического развития региона и экологической безопасности.

Актуальность разработки модели промышленного симбиоза сложно переоценить, ограниченность ресурсов и рост экологических рисков обуславливают необходимость использования новых бизнес – моделей, направленных на развитие взаимовыгодного сотрудничества и региональной кооперации. Внедрение концепции промышленного симбиоза стимулирует производственную кооперацию и переход к циркулярной модели экономики [5], основанной на повторном использовании ресурсов, а не на линейной схеме производства потребление утилизация, способствует созданию замкнутых циклов использования энергии,

когда тепловые и энергетические отходы одних производств используются для нужд других. Как следствие, повышается глобальная конкурентоспособность промышленных предприятий [6,7].

Процедура и методы исследования. В ходе проведения работы были использованы общенаучные методы: обобщение, систематизация и классификация данных, методы системного и математического анализа, использовались нормативные материалы по исследуемой проблематике. Изучены теоретические основы и экономическая сущность промышленного симбиоза, на основе которых предложена концептуальная схема развития промышленного симбиоза, выделены ключевые информационные технологии для реализации концепции.

Современное промышленное производство характеризуется высоким уровнем потребления природных ресурсов и образования отходов, что негативно сказывается на состоянии окружающей среды, обостряя необходимость выбора между обеспечением защиты окружающей среды и стремлением предоставить населению доступ к экономическим благам по доступным ценам посредством использования различных энергоресурсов. Переход на «зеленую» энергетику, то есть на энергоснабжение на базе энергетических ресурсов, использование которых сопровождается минимальными выбросами парниковых газов (ПГ) [8].

Необходимость поиска более экологичных и ресурсосберегающих моделей производства становится все более острой [9]. Истощение запасов многих природных ресурсов и ужесточение экологических требований повышают актуальность задачи их рационального использования, переход к так называемой «циркулярной экономике» [10].

Промышленный симбиоз способствует развитию инновационных «циркулярных» бизнес-моделей [11]. Учитывая нарастающую ограниченность ресурсов, традиционные линейные модели «производство - потребление - утилизация» становятся менее эффективными. Применение концепции промышленного симбиоза позволяет внедрять замкнутые циклы использования материалов и энергии [12].

Концепция промышленного симбиоза должна рассматриваться как востребованное и актуальное направление развития современной промышленности не только по тому, что она позволяет найти решение ключевых экологических и ресурсных проблем. Предприятия, участвующие в промышленном симбиозе, более эффективными с экологической и экономической точек зрения [13]. Кооперация предприятий, возникающая в рамках промышленного симбиоза, позволяет сокращать издержки за счет закупок первичного сырья, оплаты утилизации отходов.

При проведении исследования, результаты которого отражены в данной статье, были рассмотрены теоретические и практические аспекты формирования региональных промышленных симбиозов [14,15]. Промышленный симбиоз как модель устойчивого развития производства при переходе к экономике замкнутого цикла, способствует росту эффективности использования ресурсов. Производственная модель, основанная на принципах промышленного симбиоза, использует в качестве ресурсов вторичное сырье, позволяя сократить до 90% выделяемых парниковых газов, в зависимости от отрасли, а объемы отходов снижаются до 80%. [16].

В соответствии с национальной стратегией, в которой обозначены амбициозные планы по достижению "углеродной нейтральности" к 2050 году [17], ряд крупных предприятий и корпораций приняли собственные стратегии развития с низким уровнем выбросов парниковых газов. Все большее число транснациональных корпораций участвуют в различных инициативах, направленных на сокращение выбросов парниковых газов, увеличение потребления возобновляемой энергии, повышение энергетической эффективности и содействие устойчивому развитию.

В настоящее время общепризнанного определения понятия промышленного симбиоза или *Industrial symbiosis* (IS) не сформулировано, существует несколько определений. Например, Marian R. Chertow (2000) рассматривает промышленный симбиоз как часть промышленной экологии и объединяет отдельные отрасли во взаимном подходе для получения конкурентного преимущества, а также обмена материалами, энергией, водой и побочными продуктами [18]. Белых А. (2023) определяет промышленный симбиоз как «сотрудничество предприятий независимых отраслей, находящихся на определенной ограниченной территории, с целью оптимизации издержек путем использования побочных продуктов и отходов одних предприятий другими в качестве сырья, а также совместного потребления информационных, энергетических

и прочих ресурсов». В промышленном симбиозе могут участвовать коммерческие и некоммерческие организации, включая государственные, негосударственные, а также субъекты государственно-частного партнерства [19, с. 53].

Один из первых примеров внедрения концепции промышленного симбиоза - основанная на сотрудничестве десятка государственных и частных предприятий «Kalundborg Symbiosis», функционирующая в Дании с 1961 года. Результат проекта - ежегодные финансовые и социально-экономические достижения, сокращение следа CO₂, экономия воды, энергии и материалов [20]. Промышленный парк Бернсайд - пример модернизации существующего промышленного парка, в котором работают более 1200 предприятий, для улучшения экологических показателей. International Synergies предложили программу National Industrial Symbiosis Programme (NISP), (2005). Эффективность реализации данной программы подтверждена снижением выбросов парниковых газов и объемом переработанных отходов [21].

Организация Экономического Сотрудничества и Развития охарактеризовала концепцию промышленного симбиоза как «системная инновация, жизненно важная 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 [22].

В исследовании Noronha J. (1999) предложен проект парка «по изучению принципов и стратегий, которые будут способствовать преобразованию существующего парка в промышленную экосистему», выделены три группы предприятий: падальщики, разлагатели и другие, которые поддерживают функции круговорота материалов в парке, что приводит к аналогии со сложными пищевыми сетями и определяет роли, взятые из изучения экологии [23].

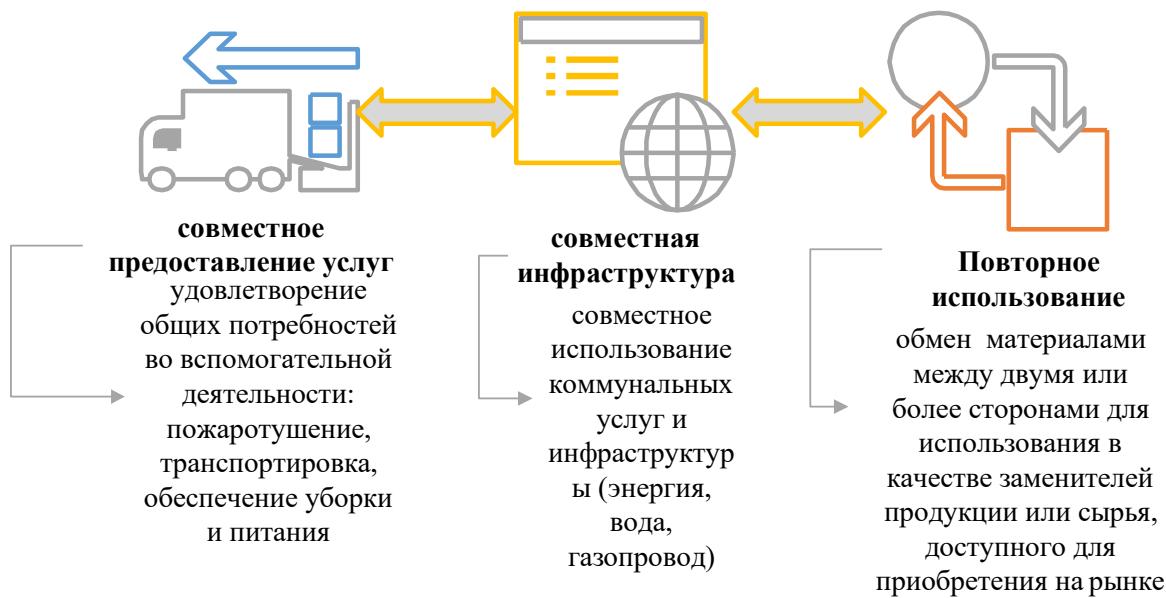


Рис. 1. Симбиотические отношения промышленной экосистемы

Для разграничения понятий промышленный симбиоз от других видов обмена ресурсами Мариан Чертоу предложил методику «три-два», в соответствии с которой критерий промышленного симбиоза то, что как минимум три различных субъекта будут участвовать в обмене по крайней мере двумя различными ресурсами [24]. В соответствии с методикой «три-два» предприятиям следует выделить три ключевые потенциальные возможности для взаимовыгодного обмена ресурсами [25], представлен на рисунке 1. Описанные на рисунке 1 симбиотические отношения обеспечивают получение экологических преимуществ, хотя объем этих преимуществ редко тщательно измеряется [24].

Примером перспективного воплощения промышленного симбиоза в РФ является проект по поддержке и популяризации данной концепции в регионе Балтийского моря «Балтийский

промышленный симбиоз» («Baltic industrial symbiosis», BIS). Одна из целей проекта - установление равноправного обмена между 13 различными организациями. Большая часть участников проекта BIS относятся к пищевой промышленности и агропромышленного комплекса, среди участников предприятия производители удобрений, кормов, мясных изделий. Руководителем проекта, является центр симбиоза Дании при поддержке Европейского фонда регионального развития через Interreg Baltic Sea Region [26]. При реализации проекта происходит обмен опытом (peer-to-peer exchange) между руководителями предприятий промышленного симбиоза; предложено создание Совета по промышленному симбиозу в качестве платформы для организации бесшовного обмена [27].

Современные концепции устойчивого регионального развития предусматривают повышение качества жизни населения. Под развитием принято понимать переход из одного качественного состояния в другое, устойчивое региональное развитие можно определить как улучшение благосостояния местного сообщества на основе формирования институциональных условий устойчивого социального и самодостаточного экономического развития муниципального образования, способствующее удовлетворению личных интересов каждого жителя [28].

Региональное развитие в условиях многочисленных кризисов (коронавирусный кризис, ухудшение экологических показателей) и внешних шоков (обострение геополитических конфликтов, технологическая трансформация промышленности), требует пересмотра акцентов на качество жизни населения и улучшение экологической повестки в регионе. Устойчивость развития региона - процесс улучшения качества жизни людей в рамках ограничений глобальной окружающей среды [29]. Исследователи ВШЭ под концепцией устойчивого регионального развития предлагают понимать процесс экономических и социальных изменений, при котором природные ресурсы, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития, развитие личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений [30, с.20].

В исследовании под устойчивым развитием территории будем понимать процесс повышения благосостояния производственно-экономических систем региона на основе развития совокупного капитала (природного, человеческого, финансового и производственного), создаваемого различными видами экосистем, функционирующих на данной территории.

Концепция устойчивого регионального развития и концепция промышленного симбиоза на основе циркулярной экономики имеют много общего: обе концепции основаны на глобальном подходе и подчеркивают важность интеграции экологических и социальных аспектов с экономическим прогрессом. Данные концепции имеют схожую систему принципов, процессов и оцениваемых результатов деятельности, направленную на соблюдение баланса между экономической, экологической и социальной сферами в регионе или на отдельных предприятиях. Соблюдение баланса способствует сохранению систем жизнеобеспечения и долгосрочного благосостояния. Концепция устойчивого развития тесно связана с термином ESG-подход (environmental, social, governance) по управлению нефинансовыми рисками, учитывающим воздействие на окружающую среду, общество, и направлена на эффективное управление этим воздействием. ESG - подход подразумевает проведение непрерывного совершенствования производственно-технологических и бизнес-процессов.

Принципы, заложенные в основу концепции промышленного симбиоза коррелируются с решениями ЦУР ООН в организации рационального потребления и производства, решение № 12, циркулярный подход обеспечивается восстановительным и замкнутым характером использования ресурсов [31]. Циркулярная система производства и потребления способна обеспечить максимальную эффективность использования ресурсов и минимизировать образование отходов, как следствие минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Переход к моделям циркулярной экономики является основой концепции промышленного симбиоза. Тесная взаимосвязь между принципами циркулярной экономики и концепцией промышленного симбиоза обусловлена тем, что они являются взаимодополняющими подходами к более эффективному и экологичному использованию ресурсов в промышленности. Среди

основных принципов циркулярной экономики, определяющих ее сущность необходимо выделить:

- сокращение отходов и повторное использование ресурсов;
- переход от владения к использованию (сервисные модели);
- замкнутые материальные циклы (рециркуляция, регенерация);
- использование возобновляемых источников энергии;
- дизайн продуктов для долговечности, переработки и повторного использования.

Среди основных принципов концепции промышленного симбиоза:

- взаимовыгодное сотрудничество между различными промышленными предприятиями;
- обмен побочными продуктами, отходами, энергией, водой между предприятиями;
- формирование замкнутых производственно-логистических циклов;
- совместное использование инфраструктуры, ресурсов и технологий.

Тесная взаимосвязь между принципами циркулярной экономики и концепцией промышленного симбиоза основана на таких особенностях, как: принципы циркулярной экономики задают общую направленность на замкнутые циклы, повторное использование и экологичность; промышленный симбиоз предоставляет практические механизмы реализации этих принципов за счет кооперации между предприятиями; совместный обмен ресурсами, отходами и энергией позволяет формировать замкнутые производственные циклы, характерные для циркулярной экономики.

Промышленный симбиоз выступает в качестве ключевого инструмента практической реализации идей циркулярной экономики в промышленных экосистемах, которая задает общую концептуальную основу, а промышленный симбиоз обеспечивает конкретные механизмы внедрения этих принципов на уровне промышленных систем. Их тесная взаимосвязь является важным фактором перехода к более устойчивым и экологичным моделям производства.

Реализация концепции промышленного симбиоза требует тесного взаимодействия предприятий, расположенных в географической близости, стимулирует развитие локальных промышленных экосистем и производственных кластеров. Задача государственной политики - активно поддерживать развитие промышленного симбиоза через законодательные, финансовые и организационные меры, понимать важность внедрения "зеленых" технологий и циркулярной экономики. Для оценки состояния законодательства в области устойчивого развития на региональном уровне составляется рейтинг субъектов РФ, в качестве основы используется ежегодный ESG рейтинг субъектов РФ [32], составляемый "РАЭКС Аналитика", лидирующие позиции в данном рейтинге занимает балтийский регион [33].

Промышленный симбиоз способствует появлению инновационных технологий, продуктов и услуг, связанных с рециркулигом, переработкой и повторным использованием ресурсов. Участие в промышленном симбиозе делает предприятия более устойчивыми и адаптивными к меняющимся рыночным условиям и экологическим требованиям.

Учитывая вышеизложенное, концепция промышленного симбиоза является важным инструментом реализации принципов "зеленой" экономики, минимизации негативного воздействия промышленности на окружающую среду и обеспечения устойчивого экономического развития.

Промышленный симбиоз как подход к организации производственной деятельности, при котором отходы и побочные продукты одной организации становятся ресурсами для другой организации. В основе данного подхода организация взаимовыгодного производственного сотрудничества: компании, участвующие в промышленном симбиозе, получают выгоду от обмена материалами, энергией, водой и другими ресурсами, что повышает эффективность использования ресурсов и снижает издержки.

Важной характеристикой является развитие замкнутых циклов производства, когда отходы одного производства становятся полноценным сырьем или ресурсом для другого производства, сокращая объемы размещаемых отходов. Территориальная близость промышленных предприятий, участвующих в симбиозе, географически располагающихся близко друг к другу, минимизирует затраты на транспортировку ресурсов.

Промышленный симбиоз требует системного управления потоками материалов, энергии, воды и других ресурсов между предприятиями, в результате обеспечивается системный подход к управлению ресурсами. Участие в промышленном симбиозе способствует получению

экономических и экологических выгод, позволяет организациям экономить на закупке сырья и утилизации отходов, а также сокращать негативное воздействие на окружающую среду.

Наиболее распространенными примерами промышленного симбиоза являются обмен тепловой энергией, использование побочных продуктов производства в качестве сырья, переработка отходов и замкнутый водооборот. Таким образом, промышленный симбиоз представляет собой экономически и экологически эффективный способ организации производственной деятельности, основанный на принципах циркулярной экономики.

Экономическая сущность промышленного симбиоза заключается в том, что более полное и рациональное использование сырья, материалов, энергии повышает ресурсоэффективность всего производственного процесса за счет использования побочных продуктов и отходов одних предприятий в качестве сырья или ресурсов для других предприятий, и позволяет существенно снизить потребление первичных ресурсов.

Снижение издержек происходит за счет использования вторичных ресурсов вместо первичных, позволяет предприятиям экономить на закупках сырья, топлива, энергии. Кроме того, сокращаются затраты на утилизацию отходов, что также ведет к снижению издержек.

Предприятия могут получать дополнительную выручку от продажи побочных продуктов и отходов другим организациям. Перепрофилирование и использование ранее не задействованных ресурсов открывает новые возможности для получения прибыли.

Повышение конкурентоспособности за счет снижения издержек производства и повышения ресурсоэффективности делает продукцию более конкурентоспособной по цене. Применение принципов промышленного симбиоза повышает экологичность и инновационность производства, что также является конкурентным преимуществом.

Кроме того, промышленный симбиоз способствует созданию замкнутых производственно-сбытовых цепочек на локальном и региональном уровне, приводит к росту занятости, налоговых поступлений и более сбалансированному развитию экономики региона.

Экономическая сущность промышленного симбиоза заключается в повышении ресурсной эффективности производств, снижении издержек, получении дополнительной прибыли, повышении конкурентоспособности и развитии местной экономики.

Ключевые компоненты модели промышленного симбиоза как основы устойчивого развития региона, представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Ключевые компоненты модели промышленного симбиоза
как основы устойчивого развития региона**

Ключевые компоненты	Основы устойчивого развития региона
Межорганизационное сотрудничество	- налаживание кооперации и обмена ресурсами между различными промышленными предприятиями региона; - формирование устойчивых промышленных экосистем.
Замкнутые материальные циклы	- обмен побочными продуктами, отходами, энергией и водой между участниками; - минимизация потерь ресурсов, вторичное использование.
Эффективное использование ресурсов	- совместное использование инфраструктуры, производственных мощностей, логистики; - оптимизация потребления и сокращение издержек
Иновации и технологии	- внедрение новых технологий, повышающих ресурсоэффективность; - развитие циркулярных бизнес-моделей и экоинноваций.
Взаимная выгода	- экономическая, экологическая и социальная выгода для всех участников; - повышение конкурентоспособности и устойчивости региональной промышленности.

Региональная координация	<ul style="list-style-type: none"> - роль государства и региональных властей в создании благоприятных условий; - координация межфирменных связей, инфраструктуры и нормативной базы.
Экологическая устойчивость	<ul style="list-style-type: none"> - сокращение выбросов, отходов и негативного воздействия на окружающую среду; - переход к возобновляемым источникам энергии.

Учитывая изложенное, предложенная модель промышленного симбиоза выступает в качестве комплексного механизма, способствующего устойчивому развитию региона за счет оптимального использования ресурсов, инноваций и межорганизационного сотрудничества промышленных предприятий.

Предложенная модель промышленного симбиоза оказывает влияние на устойчивое развитие региона через следующие основные механизмы:

Экономическая эффективность

- снижение издержек за счет оптимизации использования ресурсов, вторичной переработки, совместного использования инфраструктуры;
- повышение конкурентоспособности предприятий региона;
- создание новых рынков и бизнес-возможностей.

Экологическая устойчивость

- сокращение отходов, выбросов и потребления природных ресурсов;
- переход к возобновляемым источникам энергии и замкнутым производственным циклам;
- повышение ресурсоэффективности и экологической безопасности.

Развитие инноваций

- стимулирование разработки и внедрения новых технологий, бизнес-моделей, решений;
- трансфер знаний и технологий между предприятиями;
- создание региональной инновационной среды;

Социальные выгоды

- создание новых "зеленых" рабочих мест и развитие "зеленых" навыков;
- повышение качества жизни и благосостояния населения;
- улучшение экологической обстановки в регионе.

Региональная коопeração и координация

- формирование взаимовыгодных межорганизационных связей;
- роль государственных, региональных и муниципальных властей в создании благоприятных условий;
- развитие региональной инфраструктуры, нормативной базы и институциональной среды.

Для внедрения модели промышленного симбиоза, оказывающего воздействие на экономические, экологические, инновационные и социальные аспекты устойчивого регионального развития, способствующего формированию более эффективных, экологичных и интегрированных промышленных систем предложена концептуальная схема.



Рис. 2. Концептуальная модель развития промышленного симбиоза

Концептуальная модель развития промышленного симбиоза включает следующие основные элементы: картирование потоков материалов, идентификация возможностей, формирование сети, поддержка участников, совершенствование и распространение лучших практик, представлена на рисунке 2.

Реализация данной концептуальной модели требует согласованных действий на уровне отдельных предприятий, региональных и национальных органов управления, научно-исследовательских и общественных организаций. Необходима адаптация инструментов и программ государственного управления, отраслей экономики и региональной инфраструктуры, способствующих развитию промышленного симбиоза. В регионах, заинтересованных в сохранении экологических норм, идет активное обсуждение цифровизации промышленных процессов.

Современные цифровые технологии, обобщенные понятием «умный город», способствуют качественному повышению эффективность городских процессов или даже полностью решить традиционные городские проблемы, например в сфере транспорта или коммунального хозяйства.

Платформенные технологии играют важную роль в создании и развитии промышленного симбиоза. Они позволяют эффективно организовать взаимодействие между участниками и управлять потоками материалов, энергии и информации в рамках симбиотической экосистемы. Основные платформенные технологии, используемые в промышленном симбиозе, представлены на рисунке 3.

Цифровые платформенные технологии играют ключевую роль в реализации концепции промышленного симбиоза за счет организации эффективной координации и управление взаимодействием, обеспечивают эффективную коммуникацию, обмен данными и координацию между участниками промышленного симбиоза. Платформы позволяют отслеживать потоки материалов, энергии, отходов и создают прозрачность для совместного использования ресурсов.

Технологии анализа данных и интеллектуальной поддержки на платформах накапливают и агрегируют данные об участниках, ресурсных потоках, технологических возможностях. Использование продвинутой аналитики, искусственного интеллекта и машинного обучения

позволяет выявлять новые возможности для симбиоза, оптимизировать процессы и принимать обоснованные решения.

Платформы способствуют бесшовной организации циркулярных цепочек создания стоимости, и, по сути, выступают ключевым инструментом для формирования и управления замкнутыми циклами использования ресурсов и материалов. Они обеспечивают прослеживаемость, координацию и согласование между поставщиками, производителями и переработчиками.

Платформизация стимулирует инновации, платформы способствуют открытию новых бизнес-моделей, сервисов и технологических решений в рамках промышленного симбиоза, предоставляют возможности для совместных НИОКР, pilotирования, масштабирования и распространения инноваций.

Цифровые платформы обеспечивают взаимодействие между широким кругом стейкхолдеров: промышленными предприятиями, органами власти, научными организациями, инвесторами; тем самым способствуют формированию экосистемы промышленного симбиоза и развитию региональных партнерств.

Учитывая вышеизложенное, цифровые платформы выступают ключевым инструментом реализации концепции промышленного симбиоза, обеспечивая эффективную и бесшовную координацию участников, анализ данных, организацию циркулярных цепочек и стимулирование инноваций, что в целом способствует устойчивому развитию региона.

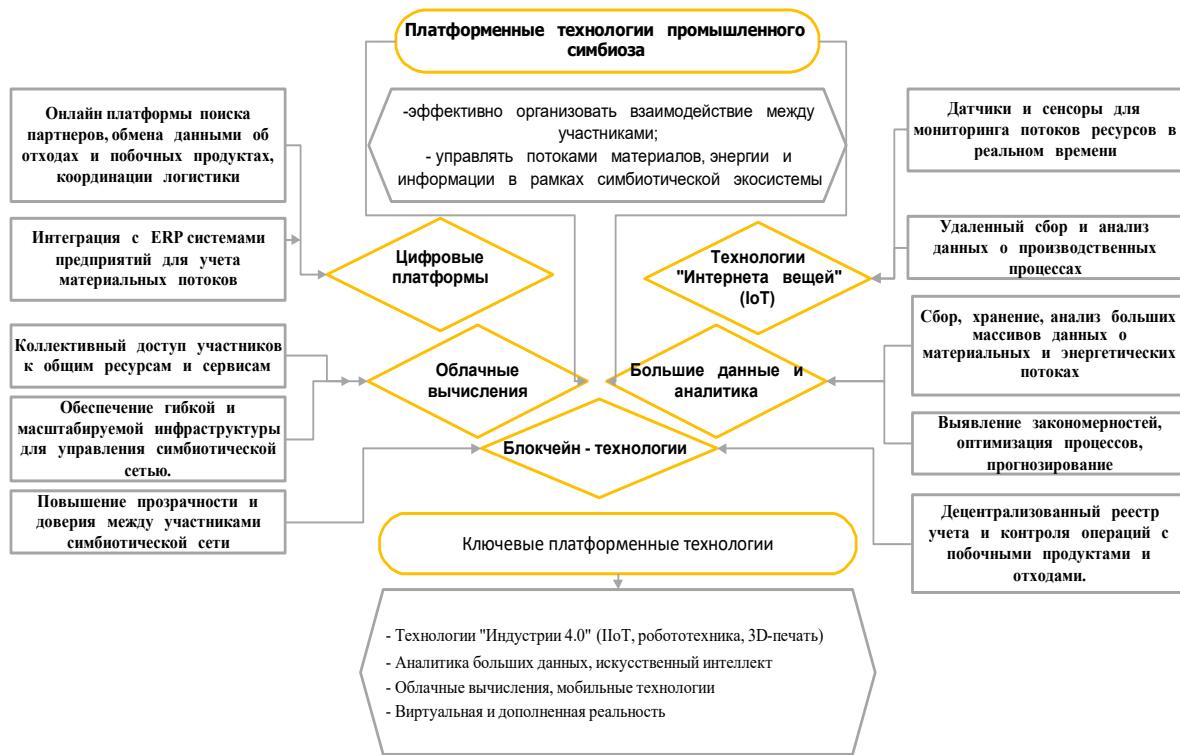


Рис. 3. Основные платформенные технологии, используемые в модели промышленного симбиоза

Перечисленные платформенные технологии, за счет использования встраиваемых механизмов учета, контроля и доверия, позволяет обеспечить высокую степень интеграции и координации между промышленными предприятиями и прочими участниками симбиоза, оптимизировать логистические процессы и управление материальными потоками и повысить точность прогнозирования и принятия решений. Таким образом, платформенные технологии выступают ключевой инфраструктурной основой для создания и эффективного функционирования промышленного симбиоза.

Вывод. Циркулярная экономика задает общую концептуальную основу для устойчивого развития региона, а промышленный симбиоз обеспечивает конкретные механизмы внедрения

этих принципов на уровне промышленных систем и позволяет достигать высокой ресурсоэффективности производства в интересах устойчивого регионального развития.

Внедрение модели промышленного симбиоза, основанной на принципах циркулярной экономики, направлено на обеспечение устойчивого регионального развития.

Промышленный симбиоз играет ключевую роль в обеспечении устойчивого регионального развития по нескольким основным направлениям, среди которых авторами были выделены следующие:

- повышение ресурсоэффективности производства, за счет обмена и вторичного использования материальных и энергетических ресурсов между предприятиями, сокращая объемы отходов и неиспользуемых побочных продуктов, способствует рациональному и безотходному использованию ресурсов региона;

- снижение негативного воздействия на окружающую среду, вовлечение отходов и побочных продуктов в производственные циклы, замещение природных ресурсов, сокращение выбросов и снижение нагрузки на экосистемы, обеспечивая улучшение экологической ситуации в регионе;

- развитие новых "зеленых" отраслей и рынков, кооперация предприятий в рамках промышленного симбиоза стимулирует появление новых бизнес - моделей, продуктов и услуг, ориентированных на рациональное использование ресурсов и снижение экологического следа, формируя "зеленую" экономику региона;

- повышение конкурентоспособности предприятий, участие в симбиотических связях позволяет предприятиям снижать издержки за счет экономии на сырье, энергии и утилизации отходов, повышает глобальную рентабельность и конкурентоспособность;

- создание новых рабочих мест и развитие человеческого капитала, реализация промышленного симбиоза требует привлечения квалифицированных специалистов в области экологического инжиниринга, логистики, управления отходами, направлено на создание высокотехнологичных "зеленых" рабочих мест и рост инновационного потенциала региона;

- укрепление региональных связей и сетевого взаимодействия, промышленный симбиоз основан на формировании устойчивых кооперационных связей между предприятиями, укрепляет региональные производственно-технологические цепочки и способствует развитию территориальных промышленных кластеров.

Взаимосвязь промышленного симбиоза и устойчивого регионального развития обусловлена повышением эффективности использования ресурсов, отходы и побочные продукты одних предприятий становятся сырьем для других, снижается потребление первичных ресурсов и минимизируется образование отходов, таким образом повышая ресурсоэффективность.

Сокращение негативного воздействия на окружающую среду за счет использования замкнутого цикла, сокращается объем выбросов, сбросов и захоронения отходов, снижая экологическую нагрузку. Симбиотическое взаимодействие предприятий стимулирует создание новых продуктов и технологий повторного использования ресурсов, формируя новые рыночные возможности. Развитие промышленного симбиоза способствует созданию дополнительных рабочих мест, связанных с утилизацией отходов, производством новой продукции и сопутствующими услугами, что повышает экономический потенциал региона. Промышленный симбиоз стимулирует кооперацию предприятий, создание замкнутых производственных цепочек внутри региона, что укрепляет региональные промышленные кластеры.

Промышленный симбиоз напрямую способствует достижению целей устойчивого развития региона за счет одновременного решения экономических, социальных и экологических задач. Это делает его ключевым инструментом перехода к циркулярной экономике на региональном уровне.

Концепция промышленного симбиоза выступает ключевым инструментом для обеспечения сбалансированного социально - экономического и экологического развития регионов в долгосрочной перспективе. Во многих странах концепция промышленного симбиоза считается движущим фактором экологически ориентированного роста региональной экономики, способствующим не только внедрению экологических инноваций, созданию рабочих мест, сбережению дефицитных материалов и эффективному использованию ресурсов.

Литература

1. Никуличев Ю.В. Управление отходами. Опыт Европейского союза. Аналит. обзор // РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. глоб. и регионал. пробл. Отд. проб. европ. безопасности. - М., 2017. - 55 с. EDN: VNMDYV
2. Программа ОЭСР по трансформационной политике в области науки, технологий и инноваций, Документы ОЭСР по политике в области науки, технологий и промышленности, № 164, Издательство ОЭСР, Париж, [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://doi.org/10.1787/ba2aaf7b-en> (дата обращения 18.05.2024).
3. Толстых, Т. О. Образование промышленных симбиозов как способ достижения целей устойчивого развития / Т. О. Толстых, А. А. Гераськина // Промышленность: экономика, управление, технологии. – 2023. – Т. 2, № 2(5). – С. 6-15. – EDN ERNWJU.
4. Белова Е.Г., Хорева Л.В. Циркулярная экономика и промышленный симбиоз улучшат благосостояние и сохранят планету // Петербург предлагает. № 3 (35). С. 25–27. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: http://spp.spb.ru/files/offers_2019_03.pdf (дата обращения 18.05.2024).
5. Аврора М. Р. Экологическая экономика и экономика окружающей среды: генезис, соотношение и проблемы / М. Р. Аврора // Творчество молодых ученых. - 2017. - № 1-3. - С. 161-166.
6. Belyakov G., Belyakov S., Fokina D. Scientific & technological development as the basis for increasing the foreign trade potential of engineering enterprises / G. Belyakov, S. Belyakov, D. Fokina, A. Shpak // Journal of Physics: Conference Series, Krasnoyarsk, Russian Federation, 25 сентября – 04 2020 года. Vol. 1679. – Krasnoyarsk, Russian Federation: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 32034. – DOI 10.1088/1742-6596/1679/3/032034.
7. Fokina, D. Effective online communication based on information-technological platforms for smart machine-building factory enterprises / D. Fokina, L. Mangusheva // Proceedings II International Scientific Conference on Advances in Science, Engineering and Digital Education (ASEDU-II-2021): Conference Proceedings, Krasnoyarsk, 28 октября 2021 года. Vol. 2647 A. – Krasnoyarsk: AIP PUBLISHING, 2022. – P. 70026. – DOI 10.1063/5.0104837. – EDN VESMGW.
8. Устойчивое развитие в неустойчивом мире: объединяя усилия регионов, городов и компаний [Текст]: докл. к XXIV Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2023 г. / М. Э. Аким и др. ; под науч. ред. Т. А. Колобашкиной; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». - М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2023. - 161 с. - ISBN 978-5-7598-2783-2 (в обл.). - ISBN 978-5-7598-2849-5 (e-book)
9. Чернышова, Д. С. Промышленный симбиоз как инструмент межотраслевого взаимодействия / Д. С. Чернышова // Экономический вестник ИПУ РАН. – 2022. – Т. 3, № 1. – С. 57-63. – DOI 10.25728/econbull.2022.1.5-chernyshova. – EDN DWRUBW.
10. Валько Д.В. (2018). Циркулярная экономика: теоретическая модель и эффекты реализации // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. Т. 14, № 8 (365). С. 1415-1429. DOI: 10.24891/ni.14.8.1415 EDN: XUZLXF
11. Фокина И.И., Герцик Ю.Г. Анализ понятия промышленного симбиоза для создания циркулярной бизнес-модели // Лидерство и менеджмент. – 2023. – Том 10. – № 4. – С. 1175-1192. – doi: 10.18334/lim.10.4.119294.
12. Frosch RA, Galloopoulos NE. 1989. Strategies for manufacturing. Sci. Am. 266:144-52
13. Преображенский, Б. Г. Промышленный симбиоз как инструмент циркулярной экономики / Б. Г. Преображенский, Т. О. Толстых, Н. В. Шмелева // Регион: системы, экономика, управление. – 2020. – № 4(51). – С. 37-48. – DOI 10.22394/1997-4469-2020-51-4-37-48. – EDN GPXUMW.
14. Питиримов Н. Создание экосистемы промышленного симбиоза в России через развитие центров промышленного симбиоза [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: [file:///C:/Users/ermak/Downloads/dls6k2qhet%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ermak/Downloads/dls6k2qhet%20(1).pdf) (дата обращения 18.05.2024).
15. Афонина А. «Балтийский промышленный симбиоз» Промышленный симбиоз – модель эффективного будущего// ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА Санкт-Петербурга №1 (15) март 2020 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://tyreman.ru/tpost/z6tid0ru7v-promishlennii-simbioz-model-effektivnogo> (дата обращения 18.05.2024).

16. Создание экосистемы промышленного симбиоза в России через развитие центров промышленного симбиоза [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://spbcleantechcluster.nethouse.ru/page/1424147> (дата обращения 18.05.2024).
17. Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 N 3052-р Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <http://government.ru/docs/43708/> (дата обращения 18.05.2024).
18. Chertow M. R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy // Annual review of Energy and environment, 2000. № 25 (1), pp. 313-337.
19. Белых, А. Л. Модели формирования промышленного симбиоза / А. Л. Белых // Управление. – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 51-63. – DOI 10.26425/2309-3633-2023-11-1-51-63. – EDN JPIJMP.
20. Explore the Kalundborg symbiosis [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://www.symbiosis.dk/en/> (дата обращения: 19.03.2024).
21. National industrial symbiosis program, UK [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://www.nispnetwork.com/> (дата обращения 18.05.2024).
22. Взаимная выгода. Вестник «ЮНИДО в России» № 13 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: https://www.unido-russia.ru/archive/num13/art13_16/ (дата обращения 18.05.2024).
23. Noronha J. 1999. Scavengers and de-composers in an industrial park system: a case study of Burnside Industrial Park. Master's thesis. Dalhousie Univ, Halifax, Nova Scotia [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: https://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk1/tape8/PQDD_0022/MQ50081.pdf (дата обращения 18.05.2024).
24. 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 - Р. 6535-6541.
25. Глумов, А. А. Перспективные формы сетевого взаимодействия на примере промышленного симбиоза / А. А. Глумов // Экологическая безопасность в техносфере 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.
26. Балтийский промышленный симбиоз как концепция устойчивого развития в регионе Балтийского моря [Электронный ресурс]. – URL: <https://tyreman.ru/bis#rec228157400> (дата обращения 18.05.2024).
27. Baltic Industrial Symbiosis [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://symbiosecenter.dk/project/bis/> (дата обращения 18.05.2024).
28. Татаркин, А. И. Методология оценки устойчивого развития локальных территорий на основе измерения их социально-экономической и экологической емкости / А. И. Татаркин, Г. А. Гершанок // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. – 2006. – Т. 6, № 1. – С. 40-48. – EDN HYRSUX.
29. Tolstykh T. Regional Development in Russia: An Ecosystem Approach to Territorial Sustainability Assessment / T. Tolstykh, L. Gomidullaeva, N. Shmeleva, Y. Lapygin //Sustainability 2020, 12, 6424. doi: 10.3390/su12166424.
30. Ветрова, М. А. Стратегии развития российской энергетики в условиях климатических вызовов и geopolитической нестабильности / М. А. Ветрова, Н. В. Пахомова, К. К. Рихтер // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. – 2023. – Т. 39, № 4. – С. 439-469. – DOI 10.21638/spbu05.2023.401. – EDN HCWMSG.
31. Цель 12: Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-consumption-production/> (дата обращения 18.05.2024).
32. Методика присвоения ESG-рейтингов компаниям и финансовым институтам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: https://raexir.com/files/methods/RAEX_ESG_method_project.pdf (дата обращения 18.05.2024).

33. ESG-рэнкинг субъектов РФ (2018—2021 гг.) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: https://raex-rr.com/ESG/ESG_regions/ESG_rating_regions/2021/ (дата обращения 18.05.2024).

References

1. Nikulichev Yu.V. Waste management. The experience of the European Union. The analyte. review // RAN. INION. Scientific Information Center. research. the globe. and regional. probl. Separate samples. Europe. security. Moscow, 2017. 55 p. EDN: VNMDYV
2. OECD Program on Transformational Policy in the field of Science, Technology and Innovation, OECD Documents on Policy in the field of Science, Technology and Industry, No. 164, OECD Publishing House, Paris, [Electronic resource]. - Access mode: URL: <https://doi.org/10.1787/ba2aaf7b-en> (accessed 05/18/2024).
3. Tolstykh, T. O. The formation of industrial symbioses as a way to achieve the goals of sustainable development / T. O. Tolstykh, A. A. Geraskina // Industry: economics, management, technology. – 2023. – Vol. 2, No. 2(5). – pp. 6-15. – EDN ERNWJU.
4. Belova E.G., Khoreva L.V. Circular economy and industrial symbiosis will improve well-being and preserve the planet. // Petersburg offers. No. 3 (35). pp. 25-27. [electronic resource]. - Access mode: URL: http://spp.spb.ru/files/offers_2019_03.pdf (accessed 05/18/2024).
5. Aurora M. R. Ecological economics and environmental economics: genesis, correlation and problems / M. R. Aurora // Creativity of young scientists. - 2017. - № 1-3. - pp. 161-166.
6. Belyakov G., Belyakov S., Fokina D. Scientific & technological development as the basis for increasing the foreign trade potential of engineering enterprises / G. Belyakov, S. Belyakov, D. Fokina, A. Shpak // Journal of Physics: Conference Series, Krasnoyarsk, Russian Federation, September 25 – 04, 2020. Vol. 1679. – Krasnoyarsk, Russian Federation: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 32034. – DOI 10.1088/1742-6596/1679/3/032034.
7. Fokina, D. Effective online communication based on information-technological platforms for smart machine-building factory enterprises / D. Fokina, L. Mangusheva // Proceedings II International Scientific Conference on Advances in Science, Engineering and Digital Education (ASEDU-II-2021): Conference Proceedings, Krasnoyarsk, October 28, 2021. Vol. 2647 A. – Krasnoyarsk: AIP PUBLISHING, 2022. – P. 70026. – DOI 10.1063/5.0104837. – EDN VESMGW.
8. Sustainable development in an unstable world: combining the efforts of regions, cities and companies [Text]: Proceedings of the XXIV Yasinskaya (April) International Scientific Conference on Economic and Social Development, Moscow, 2023 / M. E. Akim et al.; edited by T. A. Kolobashkina; National research. Higher School of Economics University. Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics, 2023. 161 p. ISBN 978-5-7598-2783-2 (in the region). ISBN 978-5-7598-2849-5 (e-book)
9. Chernyshova, D. S. Industrial symbiosis as a tool for intersectoral cooperation / D. S. Chernyshova // Economic Bulletin of IPU RAS. – 2022. – Vol. 3, No. 1. – pp. 57-63. – DOI 10.25728/econbull.2022.1.5-chernyshova. – EDN DWRUBW.
10. Valko D.V. (2018). Circular economy: a theoretical model and the effects of implementation // National interests: priorities and security. Vol. 14, No. 8 (365). pp. 1415-1429. DOI: 10.24891/ni.14.8.1415 EDN: XUZLXF
11. Fokina I.I., Gertsik Yu.G. Analysis of the concept of industrial symbiosis for creating a circular business model // Leadership and management. - 2023. – Volume 10. – No. 4. – pp. 1175-1192. – doi: 10.18334/lm.10.4.119294.
12. Frosch RA, Gallopolous NE. 1989. Strategies for manufacturing. Sci. Am. 266:144-52
13. Preobrazhensky, B. G. Industrial symbiosis as a tool of circular economy / B. G. Preobrazhensky, T. O. Tolstykh, N. V. Shmeleva // Region: systems, economics, management. – 2020. – № 4(51). – Pp. 37-48. – DOI 10.22394/1997-4469-2020-51-4-37-48. – EDN GPXUMW.
14. Pitirimov N. Creation of an ecosystem of industrial symbiosis in Russia through the development of industrial symbiosis centers [Electronic resource]. - Access mode: URL: [file:///C:/Users/ermak/Downloads/dls6k2qhet%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ermak/Downloads/dls6k2qhet%20(1).pdf) (accessed 05/18/2024).
15. Afonina A. "Baltic industrial symbiosis" Industrial symbiosis is a model of an effective future// ENVIRONMENT of St. Petersburg No. 1 (15) March 2020 [Electronic resource]. - Access mode: URL: <https://tyreman.ru/tpost/z6tid0ru7v-promishlennii-simbioz-model-effektivnogo> (accessed 05/18/2024).

16. Creation of an ecosystem of industrial symbiosis in Russia through the development of industrial symbiosis centers [Electronic resource]. - Access mode: URL: <https://spbcleantechcluster.nethouse.ru/page/1424147> (accessed 05/18/2024).
17. Decree of the Government of the Russian Federation No. 3052-r dated 10/29/2021 On Approval of the Strategy for the Socio-Economic Development of the Russian Federation with Low Greenhouse Gas Emissions until 2050. [Electronic resource]. - Access mode: URL: <http://government.ru/docs/43708/> (accessed 05/18/2024).
18. Chertou M. R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy // Annual review of Energy and environment, 2000. № 25 (1), pp. 313-337.
19. Belykh, A. L. Models of industrial symbiosis formation / A. L. Belykh // Management. – 2023. – Vol. 11, No. 1. – pp. 51-63. – DOI 10.26425/2309-3633-2023-11-1-51-63. – EDN JPIJMP.
20. Explore the Kalundborg symbiosis [Electronic resource]. - Access mode: URL: <https://www.symbiosis.dk/en/> (accessed: 03/19/2024).
21. National industrial symbiosis program, UK [Electronic resource]. - Access mode: URL: <https://www.nispnetwork.com/> (accessed 05/18/2024).
22. Mutual benefit. Bulletin of "UNIDO in Russia" No. 13 [Electronic resource]. - Access mode: URL: https://www.unido-russia.ru/archive/num13/art13_16/ (accessed 05/18/2024).
23. Noronha J. 1999. Scavengers and de-composers in an industrial park system: a case study of Burnside Industrial Park. Master's thesis. Dalhousie Univ, Halifax, Nova Scotia [electronic resource]. - Access mode: URL: https://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk1/tape8/PQDD_0022/MQ50081.pdf (accessed 05/18/2024).
24. 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.
25. Glumov, A. A. Promising forms of network interaction on the example of industrial symbiosis / A. A. Glumov // Environmental safety in the technosphere: a collection of materials from the Second All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students with International Participation, Yekaterinburg, April 26, 2019. Yekaterinburg: Russian State Vocational Pedagogical University, 2019, pp. 67-71.
26. Baltic industrial symbiosis as a concept of sustainable development in the Baltic Sea region [Electronic resource]. – URL: <https://tyreman.ru/bis#rec228157400> (accessed 05/18/2024).
27. Baltic Industrial Symbiosis [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://symbiosecenter.dk/project/bis/> (accessed 05/18/2024).
28. Tatarkin, A. I. Methodology for assessing the sustainable development of local territories based on measuring their socio-economic and environmental capacity / A. I. Tatarkin, G. A. Gershanok // Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Socio-economic sciences. - 2006. – VOL. 6, No. 1. – pp. 40-48. – EDN HYRSUX.
29. Tolstykh T. Regional Development in Russia: An Ecosystem Approach to Territorial Sustainability Assessment / T. Tolstykh, L. Gamidullaeva, N. Shmeleva, Y. Lapygin //Sustainability 2020, 12, 6424. doi: 10.3390/su12166424.
30. Vetrova M. A., Pakhomova N. V., Richter K. K. Strategies for the development of Russian energy in the context of climatic challenges and geopolitical instability // Bulletin of St. Petersburg University. Economy. – 2023. – Vol. 39, No. 4. – pp. 439-469. – DOI 10.21638/spbu05.2023.401. – EDN HCWMSG.
31. Goal 12: Ensuring the transition to rational models of consumption and production [Electronic resource]. - Access mode: URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-consumption-production/> (accessed 05/18/2024).
32. Methodology of assigning ESG ratings to companies and financial institutions [Electronic resource]. - Access mode: URL: https://raexrr.com/files/methods/RAEX_ESG_method_project.pdf (accessed 05/18/2024).
33. ESG-ranking of the subjects of the Russian Federation (2018-2021) [Electronic resource]. - Access mode: URL: https://raex-rr.com/ESG/ESG_regions/ESG_rating_regions/2021/ (accessed 05/18/2024).

Об авторах

Фокина Дарья Александровна, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры информатики Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, Москва, РФ; профессор кафедры бизнес-информатики и моделирования бизнес-процессов Сибирского федерального университета, Красноярск, РФ.

Зинченко Александр Сергеевич, кандидат экономических наук., доцент, доцент кафедры математики Московского Авиационного Института (национальный исследовательский университет) МАИ, Москва, РФ.

About authors

Darya A. Fokina, Doctor of Sci. (Econ.), Associate Professor, Professor of the Department of Computer Science, Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Moscow, Russian Federation; Professor of the Department of Business Informatics and Business Process Modeling, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation.

Aleksandr S. Zinchenko, Candidate of Sci. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Mathematics Department of the Moscow Aviation Institute (national research university) MAI, Moscow, Russian Federation.