

Научная статья
УДК 372.881.1
<https://doi.org/10.24143/2073-5537-2021-4-44-50>

Промышленный симбиоз в условиях циркулярной экономики

Наталья Юрьевна Титова ✉

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,
Владивосток, Россия, Natalya.Titova@vvsu.ru ✉

Аннотация. В Российской Федерации активно поднимаются вопросы трансформации текущей линейной модели экономики на низкоуглеродную, оказывающую наименьшее отрицательное воздействие на окружающую среду. Способом реализации требуемого перехода ученые признают внедрение концепции циркулярной экономики. Одним из элементов данной концепции является промышленный симбиоз. В научной среде недостаточно изученным остается вопрос по сфере применения данной модели в циркулярной экономике, что актуализирует задачу по уточнению понятийно-категориального аппарата. На основе контент-анализа выделено шесть подходов к определению промышленного симбиоза. Объединение компаний на базе использования модели промышленного симбиоза происходит на основе сочетания экологического и экономического интересов его участников посредством формирования промышленно-сбытовой цепочки. Симбиотические связи предполагают рациональное использование ресурсов, которые приводят к сокращению производственных процессов, что способствует снижению выбросов углерода. Получение синергетического эффекта является стимулом, который побуждает промышленные структуры формировать симбиозные связи. Отмечен рост транзакционных издержек, которые можно обозначить как отрицательный эффект модели промышленного симбиоза. Предложены направления снижения данного влияния: совершенствование модели ценообразования на производственные отходы, учет территориальной близости и необходимость участия отраслевых ассоциаций и союзов в поиске партнеров. Рассматривается и уточняется понятие промышленного симбиоза, которое включает принципы, цель и эффекты, характеризующие данный термин. Сделан вывод о роли промышленного симбиоза в циркулярной экономике.

Ключевые слова: промышленный симбиоз, промышленные экосистемы, промышленные кластеры, устойчивое развитие, циркулярная экономика, эко-индустриальные парки, промышленная экология

Для цитирования: Титова Н. Ю. Промышленный симбиоз в условиях циркулярной экономики // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2021. № 4. С. 44–50. <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2021-4-44-50>.

Original article

Industrial symbiosis in circular economy

Natalya Yu. Titova ✉

Vladivostok State University of Economics and Service,
Vladivostok, Russia, Natalya.Titova@vvsu.ru ✉

Abstract. In Russian Federation the questions of transformation of the current linear model of economy into the low-carbon model having the least negative impact on the environment are very urgent. Among the ways to realize the required transition scientists recognize the introduction of the concept of circular economy, as well as the organization of a system of interaction between industrial enterprises on the basis of the principles of industrial symbiosis. The scope of application of the industrial symbiosis model in the circular economy remains insufficiently studied in the scientific environment, which actualizes its solution. There has been defined the hierarchy of conceptual and categorical apparatus of industrial symbiosis in the circular economy. Integration of the companies on the basis of using the model of industrial symbiosis takes place due to the combination of environmental and economic interests of its participants by forming the industrial value chain. Symbiotic links involve the rational use of resources, which leads to the less intensive production processes and, consequently, to the reduced carbon emissions. Obtaining a synergistic effect is an incentive that encourages industrial structures to form symbiotic links. There has been stated the growth of transaction costs, which can be designated as a negative effect of the industrial symbiosis model. The directions for reducing this influence are proposed: improving the pricing model for industrial waste, taking into account territorial proximity and the need for industry associations and unions to participate in finding partners. The concept of industrial symbiosis is considered and clarified, which includes the principles, purpose and effects to characterize this term. The conclusion about the role of industrial symbiosis in the circular economy has been made.

Keywords: industrial symbiosis, industrial ecosystems, industrial clusters, sustainable development, circular economy, eco-industrial parks, industrial ecology

For citation: Titova N. Yu. Industrial symbiosis in circular economy. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics*. 2021;4:44-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2021-4-44-50>.

Введение

Современный этап развития российской экономики характеризуется активными действиями по трансформации текущей экономической линейной модели в связи с мировым трендом на устойчивое развитие и приоритизацией решения экологических проблем. На уровне Правительства Российской Федерации поставлена задача по снижению к 2030 г. уровня выбросов парниковых газов на 25 % по отношению к 1990 г. [1]. Одним из наиболее эффективных инструментов ее реализации является переход на циркулярную экономику.

В связи с тем, что промышленный сектор экономики в наибольшей степени оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду, актуализируется задача поиска инструментов, позволяющих минимизировать данное влияние. В научной сфере среди наиболее передовых концепций циркулярной экономики признается модель промышленного симбиоза [2]. В то же время среди ученых на данный момент нет единства относительно данного термина, поскольку промышленный симбиоз определяется как сфера промышленной экологии, инструмент реализации эко-индустриальных парков, а также как особый тип промышленных экосистем. Обозначенные проблемы подчеркивают необходимость изучения данных подходов в условиях циркулярной экономики, что обуславливает актуальность настоящего исследования.

Исследовательская задача в рамках настоящей публикации заключается в определении понятия промышленного симбиоза, позволяющего определить сферу применения модели в условиях циркулярной экономики. Анализ литературы по исследуемой проблематике свидетельствует о необходимости уточнения подходов к понятийно-категориальному

аппарату промышленного симбиоза. Дифференциация подходов к определению данного понятия позволит определить возможность использования модели промышленного симбиоза в современных условиях перехода от линейной экономики к циркулярной.

Методы и результаты исследования

Теоретической базой настоящего исследования являются научно-методические подходы основоположников экосистемного, кластерного подходов в экономике, а также концепции циркулярной экономики. Среди основных представителей особенно следует отметить А. Тэнсли, Дж. Мура, Г. Клейнера, М. Портера, М. Энрайта, Т. Андерссона, Э. Фезера, С. Розенфельда, Л. Маркова, М. Ягольницера, Г. Боуш, Й. Кирчхерра, М. Геиссдоерфера [3–8].

Для выполнения поставленной цели в настоящей работе применен метод контент-анализа. Первый этап контент-анализа включает поиск литературы в системе Национальной электронной библиотеки России eLibrary, по ключевым словам «промышленный симбиоз», «промышленная экосистема», в Российском индексе научного цитирования. Для реализации данной цели необходимо выделить ключевые подходы в определениях термина «промышленный симбиоз», что будет являться развитием теоретических основ концепции промышленных экосистем и циркулярной экономики.

Согласно определениям, сформулированным в отношении категории «промышленный симбиоз», возможно выделить определенные подходы, несмотря на то, что во многом трактовки содержат принципиально разные ключевые моменты, которые и будут рассматриваться далее. На рис. 1 представлена сгруппированная иерархическая структура выделенных подходов к определению данного термина [9–24].

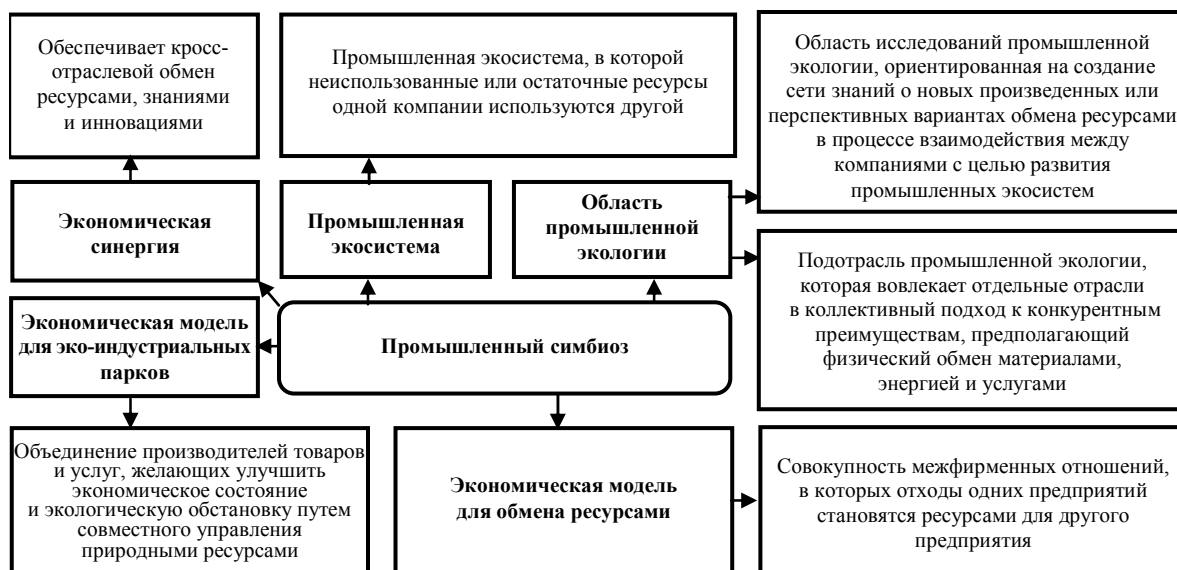


Рис. 1. Подходы к определению понятия промышленного симбиоза
Fig. 1. Approaches to the definition of the concept of industrial symbiosis

Проанализировав данные на рис. 1, можно сделать вывод о возможности выделения шести подходов для дефиниции «промышленный симбиоз». Рассмотрим каждый из них подробнее.

1. Один из подходов заключается в рассмотрении промышленного симбиоза как подотрасли промышленной экологии, ориентированной на создание механизмов, позволяющих объединить промышленные организации различных видов экономической деятельности и стадий производственного цикла с целью формирования конкурентных преимуществ [9–11]. Формируемые таким образом сети благодаря своим участникам, деятельность которых принадлежит разнородным экономическим циклам, взаимодействуют между собой по связям, которые находятся далеко за пределами традиционной сбытовой цепочки.

2. Представители другого подхода фокусируются на идее о том, что промышленный симбиоз является формой реализации взаимодействия промышленных организаций в эко-индустриальных парках в циркулярной экономике [12–14]. Особую роль в деятельности эко-промышленных парков играют инновационные разработки, среди которых внедрение и использование наилучших доступных технологий, глубокой переработки, а также создание научно-инновационных центров по их апробации, стандартизации и формированию профильных компетенций [15].

3. Единым принципом, который определяет базовую характеристику для модели промышленного симбиоза, является обмен ресурсами [16, 17]. В этой связи свойство обмена ресурсами означает необходимую составляющую элементов промышленного симбиоза. Это свойство также полностью соответствует принципам циркулярной экономики, которые были систематизированы в ранее проведенных исследованиях [18, 19]. К ним относятся учет производственных циклов формирования отходов, долговечность используемых материалов в производстве, участие потребителя в производственном цикле, внедрение системы экологического менеджмента. Однако в случае обмена ресурсами ключевая особенность для модели промышленного симбиоза заключается в том, что отход производства становится ресурсом.

4. Среди ученых-экономистов также встречается подход, в котором промышленный симбиоз понимается как возникающая в ходе его формирования синергия [9, 20, 21]. Однако данное свойство необходимо рассматривать не только как следствие, но и как необходимый элемент формирования модели промышленного симбиоза в промышленной экосистеме. В то же время синергия как свойство характерна для экономических взаимодействий различных типов, в том числе кластеров. При этом синергетический эффект от промышлен-

ных кластеров и промышленных экосистем имеет важное отличие. Цель кластера в его классическом понимании – повышение конкурентоспособности его участников, в то время как деятельность промышленных экосистем ориентирована на улучшение состояния окружающей среды, что может быть достигнуто за счет сниженного потребления природных ресурсов, а также снижения экологических рисков.

5. Также модель промышленного симбиоза рассматривается в экономической научной литературе как инструмент реализации целей устойчивого развития и циркулярной экономики [2, 22, 23]. Эффекты, продуцируемые через формирование промышленного симбиоза, могут быть экологическими и социальными. Однако разработка технологий переработки отходов невозможна без повышения инновационной активности субъектов промышленных экосистем, развития человеческих ресурсов в сфере экологических технологий, что актуализирует применение данной модели не только в условиях зеленой повестки, но и в условиях цифровизации, а также знаниевой экономики [24].

6. Также учеными признается подход, при котором промышленный симбиоз рассматривается как промышленная экосистема [17, 24]. Эта позиция справедлива, поскольку принцип работы промышленного симбиоза основан на имитации природной экосистемы. В сфере промышленности участники объединения достигают взаимовыгодного обмена сырьем, энергией, где отходы одной промышленной организации становятся ресурсом следующего производственного цикла той же или другой промышленной структуры.

Определив основные подходы к понятию термина «промышленный симбиоз», необходимо также рассмотреть характеристики и эффекты, которыми ученые наделяют данную модель взаимодействия промышленных структур.

Обсуждение результатов

На рис. 2 определены эффекты, возникшие в процессе создания симбиотических связей. Формирование сетей по обмену ресурсами сопровождается ростом транзакционных издержек, обусловленных налаживанием системы взаимодействия с деловыми партнерами, которые несут ответственность за заключение деловых контрактов и соглашений о симбиотическом обмене, установление системы контроля за исполнением условий данных соглашений. Для планирования объема издержек особую необходимость приобретает учет размера капитала, инвестируемого в проекты, срок окупаемости и рентабельность инвестиций.

Для снижения транзакционных издержек существует несколько направлений. Первое направление заключается в том, чтобы актуализировать модели ценообразования на производственные

отходы [25]. Если они могут быть использованы в смежном производственном цикле, то и цену на них следует определять на уровне, не меньшем половины стоимости входного ресурса. Второй путь заключается в снижении транспортных

издержек [26, 27]. Как и для кластерного подхода, для промышленных экосистем промышленный симбиоз будет выгоден в том случае, если потери от ресурсного обмена сведены к минимуму.

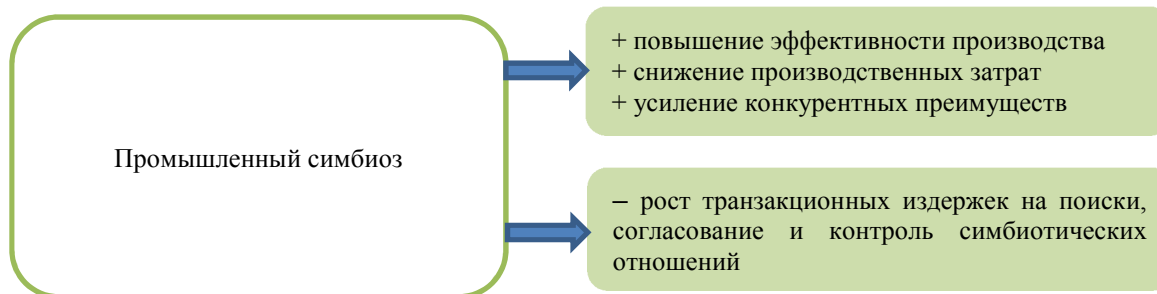


Рис. 2. Эффекты по формированию промышленного симбиоза

Fig. 2. Effects of the formation of industrial symbiosis

За счет близкого территориального расположения между участниками симбиотической связи становится возможным существенно снизить транспортно-заготовительные расходы. В то же время проблема поиска партнеров для промышленного симбиоза затрудняется не только с финансовой стороны. Высокую роль играют неформальные институты, заключающиеся в доверии между участниками. С нашей точки зрения, это подчерки-

вает важность участия профессиональных отраслевых ассоциаций и союзов, которые являются важным звеном между государством и промышленными структурами.

Деловые связи, формируемые в условиях промышленного симбиоза, являются имитацией связи в естественных экосистемах. В исследовании Дж. Корхонена [28] определены четыре принципа в основе функционирования промышленности (рис. 3).

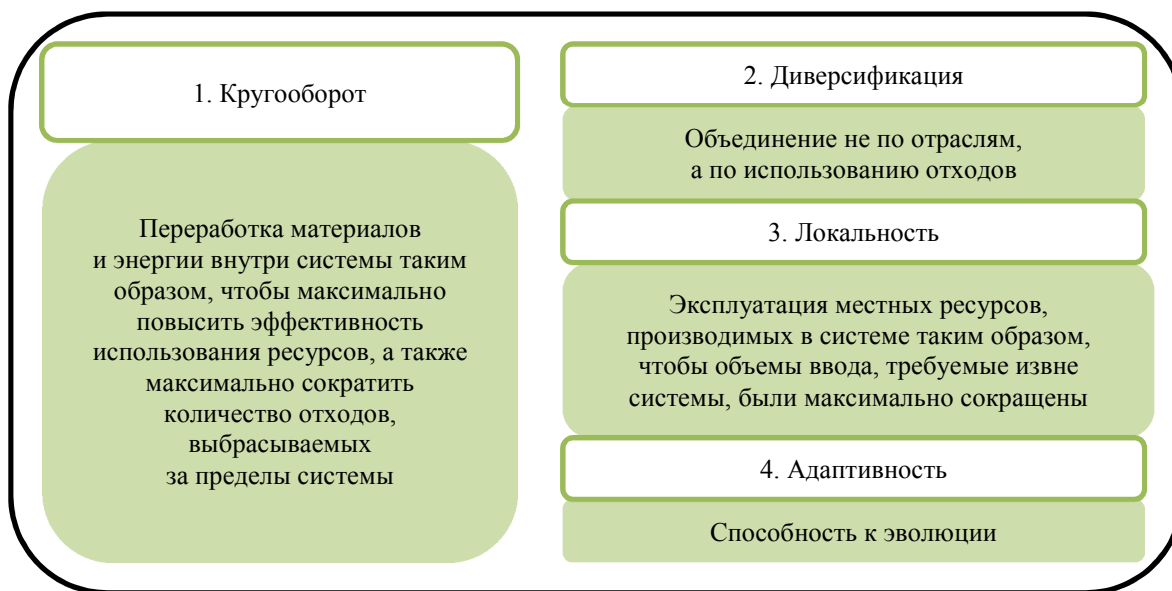


Рис. 3. Принципы формирования промышленных экосистем при реализации модели промышленного симбиоза

Fig. 3. Principles of forming the industrial ecosystems in the course of implementing the model of industrial symbiosis

В то же время перечисленные принципы (рис. 3) приводят к возникновению барьеров для внедрения данной модели в экономику. Как отмечает Дж. Корхонен, «...чем больше сфер производства

среди участников задействовано, тем больше возрастает вероятность конфликтов интересов между ее участниками» [28]. Принцип адаптивности, предусматривающий возможность учета изменчи-

ности бизнес-среды, порождает вероятность того, что партнерство перестанет быть взаимовыгодным и приведет к необходимости строить новую симбиотическую сеть.

Систематизировав подходы к определению промышленного симбиоза, уточним данное понятие. *Промышленный симбиоз* – модель взаимодействия промышленных предприятий, действующая на принципах кругооборота, диверсификации, локальности и адаптивности, при которых его участники объединяются с целью взаимовыгодного обмена отходами и ресурсами производства, что способствует достижению синергетического эффекта, направленного на снижение вреда окружающей среде. Данная модель может применяться для организации системы взаимодействия в промышленных экосистемах, эко-индустриальных парках. В то же время недостаточно изученной областью исследования является определение факторов, побуждающих промышленные организации к взаимодействию, эффектов их функционирования, что

требует разработки методических подходов к оценке их эффективности.

Заключение

Систематизированные подходы к изученному понятию промышленного симбиоза позволяют избежать неопределенности в использовании терминологического аппарата концепции циркулярной экономики. Выполнение поставленной исследовательской задачи позволило уточнить дефиницию «промышленный симбиоз», а также выделить сферу использования данного понятия. Эффекты, рассмотренные в настоящей публикации, свидетельствуют о наличии как положительного, так и отрицательного влияния на формирование симбиотических связей в промышленности. Проведенное исследование позволяет определить, что использование модели промышленного симбиоза в современных условиях перехода от линейной экономики к циркулярной является эффективным инструментом воплощения данной трансформации, что подтверждает поставленную гипотезу.

Список источников

1. *Об ограничении выбросов парниковых газов*: Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107020031> (дата обращения: 17.09.2021).
2. *Преображенский Б. Г., Толстых Т. О., Шмелева Н. В.* Промышленный симбиоз как инструмент циркулярной экономики // Регион: системы, экономика, управление. 2020. № 4 (51). С. 37–48.
3. *Клейнер Г. Б.* Промышленные экосистемы: взгляд в будущее // Экон. возрождение России. 2018. № 2 (56). С. 53–62.
4. *Портер М.* Конкуренция. М.: Вильямс, 2005. 608 с.
5. *Марков Л. С., Ягольницер М. А., Маркова В. М., Теплова И. Г.* Институциональные особенности, модели кластеризации и развитие инновационный мезоэкономических систем // Регион: экономика и социология. 2009. № 3. С. 3–18.
6. *Боуш Г. Д.* Типологизация, идентификация и диагностика кластеров предприятий: новый методологический подход // Вопросы экономики. 2010. № 3. С. 121–131.
7. *Kirchherr J., Piscicelli L., Bour R., Kostense-Smit E.* Barriers to the circular economy: evidence from the European Union (EU) // Ecological Economics. 2018. Vol. 150. P. 264–272. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2018.04.028.
8. *Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N., Hultink E. J.* The Circular Economy – A new sustainability paradigm? // Journal of Cleaner Production. 2017. N. 143 (1). P. 757–768. DOI: 10.1016/j.jcle-pro.2016.12.048.
9. *Уткина Е. Э.* Анализ и классификация способов оценки промышленно-симбиотических взаимодействий // Вестн. Рос. экон. ун-та им. Г. В. Плеханова. 2020. Т. 17. № 5 (113). С. 26–41.
10. *Lombardi D. R., Laybourn P.* Redefining Industrial Symbiosis // Journal of Industrial Ecology. 2012. Vol. 16. P. 28–37.
11. *Jacobsen N. B.* Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects // Journal of Industrial Ecology. 2006. Vol. 10. P. 239–25.
12. *Абдракипова А. Э., Сухова А. Д., Елизарьева Е. Н.* Промышленный симбиоз как способ решения экологических проблем // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2016. № 1 (27). С. 34–37.
13. *Орехова С. В., Азаров Д. А.* Промышленный комплекс: эволюция исследовательской программы // Journal of New Economy. 2020. Т. 21. № 2. С. 5–23.
14. *Куприн Р. Г., Латонова О. Б., Марьев В. А., Смирнова Т. С.* Вовлечение вторичных ресурсов в экономический оборот как одно из основных направлений реализации экологической промышленной политики в Российской Федерации // Экономика устойчивого развития. 2020. № 3 (43). С. 200–206.
15. *Пастухов А. Л.* Модернизация промышленных комплексов на основе создания промышленных симбиозов // Экон. наука сегодня. 2021. № 13. С. 85–92.
16. *Ассоциация индустриальных парков России.* Индустриальные парки России. Отраслевой обзор. 2019. URL: <https://indparks.ru/en/> (дата обращения: 25.08.2021).
17. *Гамидуллаева Л. А., Толстых Т. О., Шмелева Н. В.* Методика комплексной оценки потенциала промышленной экосистемы в контексте устойчивого развития региона // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2020. № 2 (34). С. 29–48.
18. *Титова Н. Ю.* Условия внедрения циркулярной экономики в промышленность Российской Федерации // Территория новых возможностей. Вестн. Владивосток. гос. ун-та экономики и сервиса. 2020. Т. 12. № 2. С. 29–37.
19. *Титова Н. Ю.* Опыт развития эко-индустриальных парков АТР как ориентир внедрения циркулярной экономики в РФ // Ойкумена. Регионовед. исслед. 2020. № 3 (54). С. 158–166.
20. *Бородавкина Н. Ю.* «Зеленые» особые экономические зоны vs технологизация устойчивого развития // Цифровая экономика, умные инновации и технологии:

сб. тр. Нац. (Всерос.) науч.-практ. конф. с зарубеж. участием (Санкт-Петербург, 18–20 апреля 2021 г.). Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2021. С. 328–331.

21. Глумов А. А. Перспективные формы сетевого взаимодействия на примере промышленного симбиоза // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сб. материалов II Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов (Екатеринбург, 26 апреля 2019 г.). Екатеринбург: Изд-во РГПУ, 2019. С. 67–71.

22. Шестаков И. А., Калинина Е. В. Опыт реализации промышленных симбиозов // Химия. Экология. Урбанистика. 2019. Т. 1. С. 263–267.

23. Шубов Л. Я., Скобелев К. Д., Загорская Д. А. Формирование межрегионального экотехнопарка – показательный пилотный проект для достижения целей устойчивого развития экономики // Экономика устойчивого развития. 2020. № 3 (43). С. 116–122.

24. Дятлов С. А., Лобанов О. С. Формирование региональной экосистемы на основе цифровой конверген-

ции технологий и сервисов // Инновации. 2019. № 6 (248). С. 27–33.

25. Raimbault J., Broereb J. A spatial agent based model for simulating and optimizing networked ecoindustrial systems // Resources, Conservation and Recycling. 2020. N. 155. P. 104538.

26. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems // Journal of Cleaner Production. 2016. N. 114. P. 11–32.

27. Jensen P. D., Basson L., Hellowell E. E., Bailey M. R., Leach M. Quantifying geographic proximity: experiences from the United Kingdom's national industrial symbiosis programme // Resources Conservation and Recycling. 2011. N. 55. P. 703–712.

28. Korhonen J. Two paths to industrial ecology: Applying the product-based and geographical approaches // Journal of Environmental Planning and Management. 2002. N. 45 (1). P. 39–57.

References

1. *Ob ogranichenii vybrosov parnikovyykh gazov: Federal'nyi zakon ot 02.07.2021 № 296-FZ* [On limiting greenhouse gas emissions: Federal Law dated 02.07.2021 No. 296-FZ]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107020031> (accessed: 17.09.2021).

2. Preobrazhenskii B. G., Tolstykh T. O., Shmeleva N. V. Promyshlennyi simbioz kak instrument tsirkuliarnoi ekonomiki [Industrial symbiosis as tool of circular economy]. *Region: sistema, ekonomika, upravlenie*, 2020, no. 4 (51), pp. 37–48.

3. Kleiner G. B. Promyshlennyye ekosistemy: vzgliad v budushchee [Industrial ecosystems: looking to future]. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii*, 2018, no. 2 (56), pp. 53–62.

4. Porter M. *Konkurentsia* [Competition]. Moscow, Vil'iams Publ., 2005. 608 p.

5. Markov L. S., Iagol'nitser M. A., Markova V. M., Teplova I. G. Institutional'nye osobennosti, modeli klasterizatsii i razvitie innovatsionnykh mezoekonomicheskikh sistem [Institutional features, clustering models and development of innovative mesoeconomic systems]. *Region: ekonomika i sotsiologiya*, 2009, no. 3, pp. 3–18.

6. Boush G. D. Tipologizatsiia, identifikatsiia i diagnostika klasterov predpriatii: novyi metodologicheskii podkhod [Typologization, identification and diagnostics of enterprise clusters: new methodological approach]. *Voprosy ekonomiki*, 2010, no. 3, pp. 121–131.

7. Kirchherr J., Piscicelli L., Bour R., Kostense-Smit E. Barriers to the circular economy: evidence from the European Union (EU). *Ecological Economics*, 2018, vol. 150, pp. 264–272. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2018.04.028.

8. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N., Hultink E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 2017, no. 143 (1), pp. 757–768. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048.

9. Utkina E. E. Analiz i klassifikatsiia sposobov otsenki promyshlenno-simbioticheskikh vzaimodeistvii [Analysis and classification of methods for assessing industrial symbiotic interactions]. *Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova*, 2020, vol. 17, no. 5 (113), pp. 26–41.

10. Lombardi D. R., Laybourn P. Redefining Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 2012, vol. 16,

pp. 28–37.

11. Jacobsen N. B. Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects. *Journal of Industrial Ecology*, 2006, vol. 10, pp. 239–25.

12. Abdrakipova A. E., Sukhova A. D., Elizar'eva E. N. Promyshlennyi simbioz kak sposob resheniia ekologicheskikh problem [Industrial symbiosis as way to solve environmental problems]. *Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedeiatel'nosti*, 2016, no. 1 (27), pp. 34–37.

13. Orekhova S. V., Azarov D. A. Promyshlennyi kompleks: evoliutsiia issledovatel'skoi programmy [Industrial complex: evolution of research program]. *Journal of New Economy*, 2020, vol. 21, no. 2, pp. 5–23.

14. Kuprin R. G., Latonova O. B., Mar'ev V. A., Smirnova T. S. Vovlechenie vtorichnykh resursov v ekonomicheskii oborot kak odno ikh osnovnykh napravlenii realizatsii ekologicheskoi promyshlennoi politiki v Rossiiskoi Federatsii [Involvement of secondary resources in Economic Turnover as one of the main directions of implementation of environmental industrial policy in the Russian Federation]. *Ekonomika ustoychivogo razvitiia*, 2020, no. 3 (43), pp. 200–206.

15. Pastukhov A. L. Modernizatsiia promyshlennykh kompleksov na osnove sozdaniia promyshlennykh simbiiozov [Modernization of industrial complexes based on creating industrial symbiosis]. *Ekonomicheskaya nauka segodnia*, 2021, no. 13, pp. 85–92.

16. *Assotsiatsiia industrial'nykh parkov Rossii. Industrial'nye parki Rossii. Otrasevoi obzor. 2019* [Association of Industrial Parks of Russia. Industrial parks of Russia. Industry overview. 2019]. Available at: <https://indparks.ru/en/> (accessed: 25.08.2021).

17. Gamidullaeva L. A., Tolstykh T. O., Shmeleva N. V. Metodika kompleksnoi otsenki potentsiala promyshlennoi ekosistemy v kontekste ustoychivogo razvitiia regiona [Methodology for comprehensive assessment of potential of industrial ecosystem in terms of regional sustainable development]. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve*, 2020, no. 2 (34), pp. 29–48.

18. Titova N. Iu. Usloviia vnedreniia tsirkuliarnoi ekonomiki v promyshlennost' Rossiiskoi Federatsii [Conditions for implementing circular economy in industry of Rus-

sian Federation]. *Territoria novykh vozmozhnostei. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i servisa*, 2020, vol. 12, no. 2, pp. 29-37.

19. Titova N. Iu. Opyt razvitiia eko-industrial'nykh parkov ATR kak orientir vnedreniia tsirkuliarnoi ekonomiki v RF [Experience in development of eco-industrial parks in Asia-Pacific region as benchmark for introduction of circular economy in Russian Federation]. *Oikumena. Regionovedcheskie issledovaniia*, 2020, no. 3 (54), pp. 158-166.

20. Borodavkina N. Iu. «Zelenye» osobyie ekonomicheskie zony vs tekhnologizatsiia ustoichivogo razvitiia. Tsifrovaia ekonomika, umnye innovatsii i tekhnologii [Special green economic zones vs technologization of sustainable development. Digital economy, smart innovation and technology]. *Sbornik trudov Natsional'noi (Vserossiiskoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii s zarubezhnym uchastiem (Sankt-Peterburg, 18–20 apreliia 2021 g.)*. Saint-Petersburg, Politekhn-Press Publ., 2021. Pp. 328-331.

21. Glumov A. A. Perspektivnye formy setevogo vzaimodeistviia na primere promyshlennogo simbioza. Ekologicheskaiia bezopasnost' v tekhnosfernom prostranstve [Perspective forms of network interaction in case of industrial symbiosis. Environmental safety in technosphere space]. *Sbornik materialov II Vserossiiskoi s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchennykh i studentov (Ekaterinburg, 26 apreliia 2019 g.)*. Ekaterinburg, Izd-vo RGPPU, 2019. Pp. 67-71.

22. Shestakov I. A., Kalinina E. V. Opyt realizatsii promyshlennykh simbiozov [Experience of implementing industrial symbioses]. *Khimiia. Ekologiia. Urbanistika*,

2019, vol. 1, pp. 263-267.

23. Shubov L. Ia., Skobelev K. D., Zagorskaia D. A. Formirovanie mezhhregional'nogo ekotekhnoparka – pokazatel'nyi pilotnyi proekt dlia dostizheniia tselei ustoichivogo razvitiia ekonomiki [Formation of interregional ecotekhnopark as indicative pilot project to achieve goals of sustainable economic development]. *Ekonomika ustoichivogo razvitiia*, 2020, no. 3 (43), pp. 116-122.

24. Diatlov S. A., Lobanov O. S. Formirovanie regional'noi ekosistemy na osnove tsifrovoi konvergentsii tekhnologii i servisov [Forming regional ecosystem based on digital convergence of technologies and services]. *Innovatsii*, 2019, no. 6 (248), pp. 27-33.

25. Raimbaulta J., Broereb J. A spatial agent based model for simulating and optimizing networked ecoindustrial systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 2020, no. 155, p. 104538.

26. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 2016, no. 114, pp. 11-32.

27. Jensen P. D., Basson L., Hellawell E. E., Bailey M. R., Leach M. Quantifying geographic proximity: experiences from the United Kingdom's national industrial symbiosis programme. *Resources Conservation and Recycling*, 2011, no. 55, pp. 703-712.

28. Korhonen J. Two paths to industrial ecology: Applying the product-based and geographical approaches. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2002, no. 45 (1), pp. 39-57.

Статья поступила в редакцию 28.09.2021; одобрена после рецензирования 12.11.2021; принята к публикации 01.12.2021
The article was submitted 28.09.2021; approved after reviewing 12.11.2021; accepted for publication 01.12.2021

Информация об авторе / Information about the author

Наталья Юрьевна Титова — кандидат экономических наук; доцент кафедры экономики и управления; Владивостокский государственный университет экономики и сервиса; Владивосток, ул. Гоголя, 41; Natalya.Titova@vvsu.ru

Natalya Yu. Titova — Candidate of Economics; Assistant Professor of the Department of Economics and Management; Vladivostok State University of Economics and Service; Vladivostok, Gogol St., 41; Natalya.Titova@vvsu.ru

