

Раздел 1

МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

Section 1

MODELS, SYSTEMS, NETWORKS IN ECONOMICS AND MANAGEMENT

УДК 338.2.2
doi:10.21685/2227-8486-2023-1-1

РОЛЬ КОЛЛАБОРАЦИИ В РАЗВИТИИ ИНТЕГРАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**Т. О. Толстых¹, Н. В. Шмелева²,
Л. А. Гамидуллаева³, В. С. Краснобаева⁴**

^{1, 2, 4} Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,
Москва, Россия

³ Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹tt400@mail.ru, ²nshmeleva@isis.ru, ³gamidullaeva@gmail.com,

⁴krasnobaeva.viktoria@gmail.com

Аннотация. *Актуальность и цели.* Организационно-управленческие модели объединения экономических агентов на основе партнерства и взаимной выгоды могут стать «окном возможностей» для предприятий, которым требуется одновременно решать задачи по экономической выживаемости, технологической независимости и соблюдению принципов устойчивого развития. Несмотря на повышенный интерес академического сообщества к данной проблеме, следует признать недостаточную разработанность вопросов операционализации данных моделей на практике, выявления ключевых факторов, лежащих в основе формирующих эти модели сложноорганизованных взаимодействий. *Материалы и методы.* Теоретико-методологической основой исследования служат труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные проблеме интеграции предприятий на отраслевом и межотраслевом уровнях, включая работы, связанные с изучением экосистемного подхода в экономике. Исследование проводилось с использованием общенаучных методов, в числе которых методы наблюдения, описания, анализа, синтеза, индукции, сравнения, классификации, а также специальных методов: экспертный опрос, экономический анализ, статистический и др. *Результаты.* Авторы выделили этапы эволюции межорганизационных связей (координация, интеграция, кооперация и коллаборация) и соотнесли их с различными моделями горизонтального объединения предприятий (от отраслевых союзов до инновационных промышленных экосистем). Обосновано, что в качестве критерия объединения предприятий в инновационные промышленные экосистемы следует рассматривать уровень их коллаборативной зрелости. Предложен подход к анализу потенциалов предприятий с позиции коллаборативной зрелости и оценке их на предмет возможности формирования промышленных инновационных экосистем. Предложения авторов

© Толстых Т. О., Шмелева Н. В., Гамидуллаева Л. А., Краснобаева В. С., 2023. Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

апробированы в двух кейсах: при оценке коллаборативной зрелости участников промышленного симбиоза по переработке фосфогипса, а также при оценке коллаборативной зрелости акторов промышленной инновационной экосистемы «Безопасные фосфаты». *Выводы.* Горизонтальная интеграция промышленных предприятий развивается эволюционно на основе повышения уровня коллаборативной зрелости каждого из акторов.

Ключевые слова: промышленный кластер, инновационные сети, инновационная промышленная экосистема, интеграция, коллаборация, подход к оценке, межорганизационные связи

Финансирование: исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 23-28-01548 (URL: <https://rscf.ru/project/23-28-01548>).

Для цитирования: Толстых Т. О., Шмелева Н. В., Гамидуллаева Л. А., Краснобаева В. С. Роль коллаборации в развитии интеграции промышленных предприятий // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2023. № 1. С. 5–36. doi:10.21685/2227-8486-2023-1-1

THE ROLE OF COLLABORATION IN THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES INTEGRATION

T.O. Tolstykh¹, N.V. Shmeleva²,
L.A. Gamidullaeva³, V.S. Krasnobaeva⁴

^{1, 2, 4} National Research Technological University "MISIS", Moscow, Russia

³ Penza State University, Penza, Russia

¹tt400@mail.ru, ²nshmeleva@isis.ru, ³gamidullaeva@gmail.com,

⁴krasnobaeva.viktoria@gmail.com

Abstract. *Background.* Organizational and managerial models for corporate merger based on partnership, mutual benefit and synergy can become a "window of opportunity" for enterprises that need to simultaneously solve the problems of economic survival, technological independence and compliance with the principles of sustainable development. Despite the increased interest of the academic community in this problem, it should be recognized that the issues of operationalizing these models in practice and identifying the key factors underlying the complex interactions that form these models should be recognized as insufficiently developed. *Materials and methods.* The theoretical and methodological basis of the study are the works of domestic and foreign scientists devoted to the problem of integration of enterprises at the sectoral and intersectoral levels, including works related to the study of the ecosystem approach in the economy. The study was conducted using general scientific methods, including methods of observation, description, analysis, synthesis, induction, comparison, classification, as well as special methods: expert survey, economic analysis, statistical and others. *Results.* The authors identified stages of the evolution of inter-organizational relations (coordination, integration, cooperation and collaboration) and correlated them with various models of horizontal association of enterprises (from industry unions to innovative industrial ecosystems). It is substantiated that the level of their collaborative maturity should be considered as a criterion for combining enterprises into innovative industrial ecosystems. This article proposes an approach to analyzing the potentials of enterprises in terms of collaboration maturity and evaluation thereof for the potential formation of industrial innovation ecosystems. The authors' proposals have been tested when assessing collaboration maturity of the participants in the industrial symbiosis for phosphogypsum recycling, as well as when assessing collaboration maturity of the actors in Safer Phosphates industrial innovation ecosystem. *Conclusions.* The horizontal integration of industrial enterprises develops evolutionarily based on an increase in the level of collaborative maturity of each of the actors.

Keywords: industrial cluster, innovation networks, innovative industrial ecosystem, integration, collaboration, assessment approach, interorganizational communications

Acknowledgments: the study has been supported by the grant from the Russian Science Foundation (RSF), project № 23-28-01548 (URL: <https://rscf.ru/project/23-28-01548>).

For citation: Tolstykh T.O., Shmeleva N.V., Gamidullaeva L.A., Krasnobaeva V.S. The role of collaboration in the development of industrial enterprises integration. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* = *Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2023;(1):5–36. (In Russ.). doi:10.21685/2227-8486-2023-1-1

Введение

В связи с целым рядом геополитических, технологических и экономических вызовов, порожденных санкциями, которые привели к увеличению дефицита материально-сырьевых ресурсов, нарушению логистических связей, к энергетическим и структурным кризисам, положение промышленных компаний на рынке становится менее устойчивым, в приоритете становятся вопросы выживаемости, а стратегии развития приобретают второстепенный характер. Снижение инновационной активности, замедление реализации «зеленых» проектов и отказ от ESG-повестки может отразиться на перекладывании последствий кризиса предприятий промышленного сектора на конечных потребителей. Представители промышленности могут оказаться в высокой зависимости от дотационной политики государства, что в долгосрочной перспективе приведет к снижению самостоятельности и устойчивости как отдельных отраслей, так и национальной экономики.

При этом современными и ключевыми мировыми вызовами по-прежнему остаются вопросы снижения негативного воздействия на окружающую среду (НВОС), ответственного производства и потребления ресурсов.

И в этих условиях предприятиям необходимо искать новые методы и модели, позволяющие предотвратить стагнацию и обеспечить конкурентоспособный технологический и экологический уровень развития, осуществить возврат к более ресурсоэффективным и экологичным моделям производства, провести модернизацию действующих промышленных производств через снижение ресурсоемкости технологических процессов.

Сейчас перечисленные направления развития являются труднореализуемыми ввиду следующих обстоятельств:

- самостоятельный поиск или разработка технологических решений являются высокочрезмерно затратными для отдельных предприятий (необходимо разделение финансового бремени);
- рост стоимости добычи или покупки исходного сырья делает процесс производства менее рентабельным (при использовании более дешевого сырья или альтернатив зачастую необходимо перестроение производственных процессов, что может отразиться на качестве производимого продукта);
- стремительное развитие зарубежных конкурентов, введенный порог по углеродным выбросам значительно снижают конкурентоспособность отечественных промышленных предприятий на мировом рынке;
- уход зарубежных представителей и поставщиков нарушил производственные процессы (произошло подорожание логистических услуг; поиск

заменителей или создание собственных аналогов импортируемых товаров требует дополнительных инвестиций и времени).

Одним из решений по преодолению вышеперечисленных ограничений и формированию собственного курса долгосрочного и устойчивого развития может стать политика создания промышленных симбиозов по принципу реализации наилучших доступных технологий (НДТ). Цель промышленного симбиоза – соединить разные компании, чтобы использовать отходы одной как ресурс для другой. Избыток энергии, излишки ингредиентов или материалов в одной отрасли могут стать ресурсами для другой. Такое взаимовыгодное объединение приводит к повышению эффективности производства, снижению себестоимости продукции, увеличению конкурентных преимуществ каждого участника.

Важно подчеркнуть актуальность данного исследования в контексте приоритетных направлений трансформации промышленной политики России, в том числе вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственный оборот.

Несмотря на повышенный интерес академического сообщества к данной проблеме, следует признать недостаточную разработанность вопросов операционализации этих моделей на практике, выявления ключевых факторов, лежащих в основе сложных взаимодействий, образующих эти модели.

В данной статье предлагается концептуальный подход, содержащий методологические основания для оценки уровня готовности участников интеграционных взаимодействий к переходу от более простых форм горизонтального взаимодействия (ассоциации, альянсы, технопарки и др.) к более сложным интеграционным связям в рамках промышленных симбиозов и инновационных экосистем. При этом, по мнению авторов, критерием оценки должен стать уровень «коллаборативной зрелости» акторов, подход к оценке которой предлагается авторами в данной статье.

Остальная часть этой статьи организована следующим образом. Обзор литературы по проблеме исследования и разработанная исследовательская гипотеза представлены в разделе 2. Раздел 3 раскрывает методологию оценки акторов для включения в промышленные симбиозы и инновационные экосистемы. Проиллюстрирована система показателей для оценки симбиотического потенциала компаний, разработана матрица зрелости сотрудничества акторов. Предлагается алгоритм реализации, выявляются ограничения и допущения предлагаемого методологического подхода. Далее предложения авторов апробируются на примерах двух кейсов (разделы 4-5). Раздел 5 содержит основные результаты, теоретический и практический вклад проведенного исследования.

Разработка гипотезы и обзор литературы

Экологические, технологические и цифровые тренды, охватившие современный мир, диктуют необходимость оценки существующих бизнес-моделей и поиск новых форм, оптимальных экономической реальности. Последние несколько десятилетий в научной литературе активно обсуждаются сетевые формы объединения предприятий как наиболее продуктивные, перспективные и гибкие к отражению внешних и внутренних вызовов. Майкл Портер писал о том, что экономический рост в промышленных сетевых объединениях связан с развитием межорганизационной коллаборации и с привлечением в сети таких акторов, как научные организации, органы власти и различные стейкхолдеры [1]. Исследователи К. Мейсон и М. Спринг обосновывали в своих трудах,

что сетевая бизнес-модель выступает новой формой взаимодействия технологий и рыночных возможностей [2]. Р. Кумбс и Ж. Николсон также доказывали, что сетевые бизнес-модели, ориентированные на создание стоимости между заинтересованными сторонами, являются новым явлением в организационном моделировании [3]. Р. Майлс и Ч. Сноу предложили различные классификации сетевых моделей по степени устойчивости связей, направлению интеграции, масштабу входящих в сеть предприятий и другим критериям [4].

Таким образом, можно сделать вывод, что ключевым фактором в сетевых формах организаций в противовес соперничеству и конкуренции выступают сотрудничество, взаимная заинтересованность и партнерство.

Гипотеза исследования – горизонтальная интеграция промышленных предприятий развивается эволюционно на основе повышения уровня коллаборативной зрелости каждого из акторов.

С. Клот выделяет следующие формы межорганизационного сотрудничества: независимость, координация, сотрудничество, коллаборация, интеграция [5]. Считаем, что данная классификация может быть положена в основу отражения зрелости компаний с точки зрения их стратегических целей к межорганизационному взаимодействию (рис. 1).

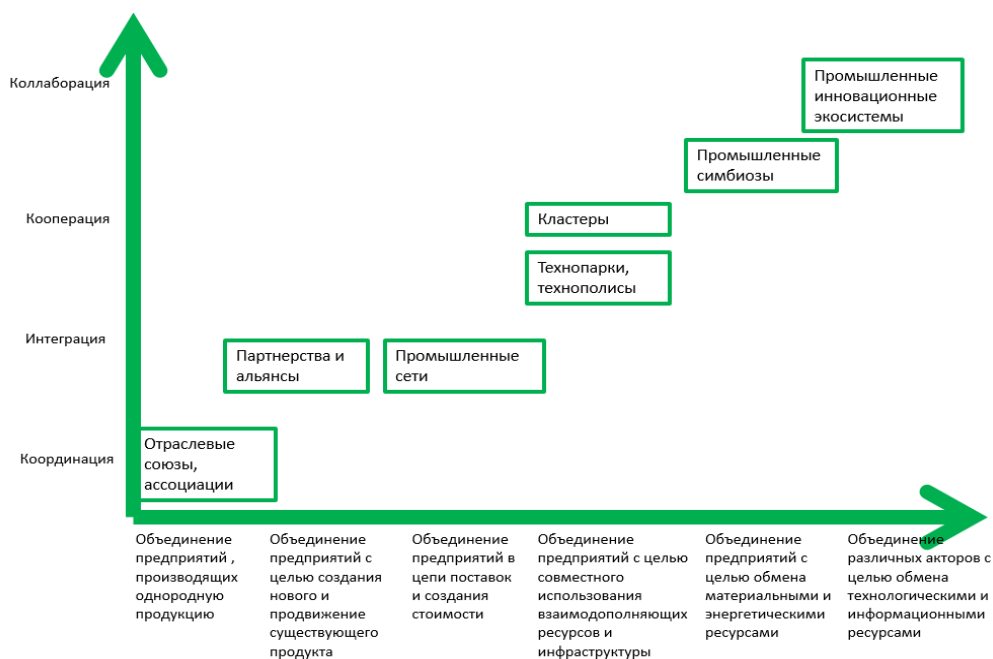


Рис. 1. Степень межорганизационного взаимодействия в моделях горизонтальных объединений предприятий

Этап независимости компаний связан с этапом ориентации на соперничество. Безусловно, предприятия могут совместно выполнять какие-то разовые работы, но межорганизационная культура не достигла уровня, позволяющего формировать сотрудничество на принципах взаимного доверия, поэтому на рисунке данный этап развития сотрудничества отсутствует.

Таким образом, начальным этапом межорганизационного взаимодействия является **координация**. На данном этапе предприятия одной отрасли

взаимодействуют в формате отраслевых союзов и ассоциаций, обеспечивая регулирование деятельности отрасли с позиции представления индивидуальных интересов, сохраняя при этом стратегическую независимость.

Следующий этап развития сотрудничества – **интеграция**, когда формируется механизм взаимодействия предприятий, позволяющий сохранить независимость, но при этом взаимодействовать для достижения общей цели. В отличие от предыдущего этапа, у объединения предприятий есть единая цель. К такому сотрудничеству можно отнести партнерство и различные альянсы в рамках одной отрасли. К интеграции также можно отнести и промышленные сети, когда рыночный механизм взаимоотношений заменяется внутрихозяйственными операциями. Этот этап характеризуется высокой конкуренцией за ограниченные ресурсы и нехваткой средств на поиск новых идей. Объединение предприятий в рамках интеграции в большей степени является вынужденным, а не добровольным решением.

Кооперации – это форма сотрудничества двух или более предприятий с одной отрасли и/или территории, когда каждое предприятие, сохраняя свои границы и интересы, выполняет обязательства в рамках сотрудничества для достижения общего результата. Этот этап межорганизационного взаимодействия характерен для формирования кластеров, технополисов и технопарков. Связь предприятий на этом этапе, как правило, основана на принадлежности к территории и/или отрасли. Предприятия объединяются технологически с целью региональной или отраслевой стратегии инновационного развития [6]. Как правило, инициация объединения на данном этапе является инициативой не самих предприятий, а решением в рамках стратегического управления региона или отрасли [7]. Но при этом в межорганизационном взаимодействии начинают играть роль факторы доверия и личных связей.

Высшим проявлением сотрудничества предприятий, по нашему мнению, является **этап коллаборации**. Коллаборацию можно определить как новую интерактивную форму кооперации в глобальной среде экономики знаний для получения продуктовых и процессных инноваций. При коллаборации партнеры, имеющие различные мнения относительно одной и той же проблемы, могут конструктивно подходить к разногласиям и находить решения, которые выходят за рамки индивидуального видения каждого партнера [8, 9]. Акторы коллаборации добровольно на принципах доверия совместно разделяют контроль и ответственность, распределяют финансовую ответственность и риски, согласовывают интересы и действия, что позволяет создавать значительный синергетический эффект.

Переход от кооперации к коллаборации, безусловно, демонстрируют такие объединения предприятий, как промышленные симбиозы. Промышленный симбиоз представляет собой форму межорганизационных отношений, отражающих принципы экономики замкнутого цикла [10, 11], когда излишние или побочные продукты одних производств становятся ресурсами для других, а обмен осуществляется на основе партнерских отношений с целью повышения конкурентных преимуществ. Объединение компаний на основе симбиотических связей для обеспечения циркуляции побочных ресурсов ориентировано на сведение к минимуму потребления первичных ресурсов и количества образующихся отходов [12–14]. Однако создание циклического обращения ресурсов труднореализуемо в рамках одного предприятия, так как формируемые

побочные ресурсы или отходы либо не применимы к текущим технологическим процессам, либо требуют реализации новых видов деятельности. Исследованию промышленных симбиозов посвящено множество трудов современных ученых, однако общепризнанная трактовка еще не сформулирована. Каждый авторы давали определение термину со стороны собственного направления исследования. Так, португальские ученые считают, что промышленный симбиоз – это подобласть экономики замкнутого цикла, который характеризуется многочисленными связями по обмену ресурсами как между, так и внутри отдельных предприятий [10]. В работе [15] промышленные симбиозы описаны как платформы, предназначенные для обмена отходами между промышленными предприятиями. Авторы предложили модель по оценке промышленных симбиозов, которая включает идентификацию сетевых соединений, оценку жизненного цикла ресурсов, экономическую оценку и экологические характеристики. В статье испанских исследователей [12] промышленный симбиоз характеризуется как модель промышленной экологии, где фундаментальным аспектом является сотрудничество и синергия, которые могут существовать между различными видами экономической деятельности в результате обмена и совместного использования ресурсов. Промышленный симбиоз вовлекает традиционно отдельные отрасли в коллективный подход к созданию конкурентных преимуществ, включая физический обмен материалами, энергией, водой и/или побочными продуктами [16].

Некоторые исследователи связывают создание симбиозов с повышением эффективности использования ресурсов через модель экономики замкнутого цикла, когда отходы одной компании служат ресурсом для другой. Так, Чока и соавторы [17] считают, что промышленный симбиоз представляет собой новую бизнес-модель, в которой используются ресурсы, которые ранее считались отходами производства. Авторы отметили, что страны с высоким уровнем качества жизни используют данную модель и достигают более эффективного распоряжения ресурсами, имеют более инновационные схемы производства при меньших финансовых затратах и меньшем негативном воздействии на окружающую среду. Объединение предприятий в промышленные симбиозы является инициативой самих компаний как результат экологической, инновационной и технологической зрелости менеджмента компаний.

Наконец, на самой высшей ступени межорганизационных отношений на современном этапе находятся промышленные инновационные экосистемы. Коллаборация в экосистемах не ограничивается рамками территорий или отраслей, а объединяет разных акторов на принципах самоорганизации и самоуправления, взаимного доверия, устойчивого развития и открытых инноваций. В экосистемах реализуется обмен знаниями и информацией, действует коллективное обучение, развивается система взаимосвязанных технологий, что способствует развитию как каждого актора экосистемы, так и общества в целом. Для создания и роста экосистемы необходимо, прежде всего, создание ценности, обладающей стоимостью, а также механизм распределения этой ценности на основе диффузии инноваций и спилловер-эффектов.

Авторы достаточно подробно описали свое видение промышленных инновационных экосистем в предыдущих исследованиях [18–20]. Обобщая вышеизложенное, эволюцию моделей сетевого взаимодействия предприятий в зависимости от их коллаборативной зрелости можно представить графически (рис. 2).



Рис. 2. Эволюция моделей горизонтального объединения предприятий (составлено авторами)

В данной статье предлагается подход к анализу потенциалов предприятий и акторов с позиции коллаборативной зрелости и оценке их на предмет возможности формирования промышленных симбиозов и в дальнейшем промышленных инновационных экосистем.

Методология исследования

Для оценки возможности создания симбиозов необходимо учитывать как общие тренды современного устойчивого развития, так и интересы и возможности потенциальных участников, а также их готовность к формированию коллаборативных связей.

На сегодняшний день существует несколько классификаций симбиозов по следующим признакам:

- по уровню взаимодействия: мезо-, микро-, макроуровень [7, 12];
- по типам перемещения ресурсов: внутриорганизационная циркуляция ресурсов (когда отходы повторно используются в рамках одного предприятия), внешний обмен ресурсами между промышленными компаниями (на основе партнерских отношений) и реализация остатков или отходов производства на рынке (как сырье для последующей переработки или использования) [10];
- по виду циркулирующих ресурсов: энергия, вода, остаточные материалы [21].

Коллаборативную зрелость предприятий с позиции формирования симбиозов предлагаем оценивать по реализуемым ими совместным проектам. Количество и качество совместных проектов в технологической и экологической сферах характеризует, с нашей позиции, уровень коллаборативности (связей) предприятия. Одним из критериев оценки таких проектов может стать

концепция наилучших доступных технологий как показатель управленческой зрелости компаний (рис. 3).

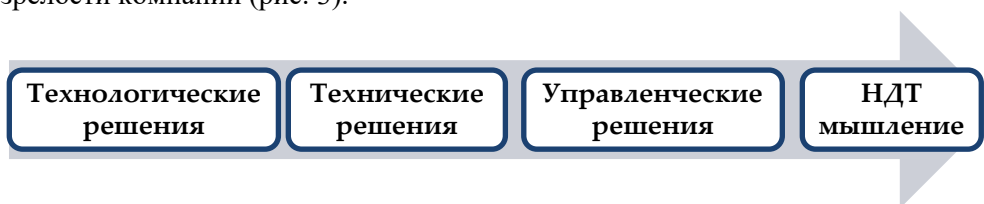


Рис. 3. Системное содержание НДТ (составлено авторами)

Именно единое мировоззренческое понимание необходимости повышения ресурсной и экологической эффективности, важности реализации проектов по технологической модернизации, стремление к совместному поиску оптимальных технических решений, а также технологическая возможность одного из партнеров использовать побочные продукты другого должны стать стимулами в формировании промышленного симбиоза.

Наилучшие доступные технологии концептуально, через систему идей, ценностей и принципов, формируют подход к технологической модернизации основных процессов предприятия через рациональное использование ресурсов, глубокую переработку сырья, эффективное потребление энергии.

Исследование роли и значения НДТ в практике предприятий отражено в трудах Д. О. Скобелева [22], где концепция НДТ рассмотрена как одно из направлений экологической промышленной политики по повышению ресурсной и экологической эффективности. Структуру НДТ Д. Скобелев представляет как систему из трех компонентов, влияющих на все этапы жизненного цикла предприятия:

- «наилучшие» – определяет инновационную модернизацию, природоохранную направленность и рациональное потребление ресурсов;
- «доступные» – определяет экономическую целесообразность и техническую доступность;
- «технологии» – отражают методы, инструменты и механизмы реализации.

Научный коллектив в работе [23] рассматривает систему нормативного регулирования негативного воздействия на окружающую среду на основе принципов НДТ также для вторичных источников загрязнений. Авторы предложили инструментарий выбора НДТ для снижения эксплуатационных затрат и повышения ресурсной эффективности, а также методы регулирования малых и средних предприятий через нормы общего действия в связи с необходимостью контроля второстепенного воздействия на ОС и регулирования всех участников рынка.

Предлагаемые в статье подходы к оценке коллаборативной и инновационной зрелости предприятий для формирования промышленных симбиозов и промышленных инновационных экосистем базируются на принципах построения сбалансированной системы показателей, разработанной Капланом и Нортоном [24] и методе аналитических иерархий Томаса Л. Саати [25].

На рис. 4 представлена обобщенная структура оценки потенциала предприятий.

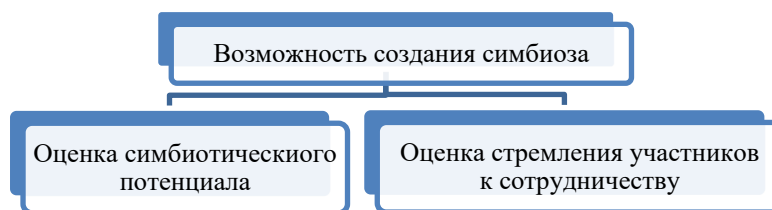


Рис. 4. Направления оценки возможности создания симбиоза предприятий (составлено авторами)

Оценка стремления участников к сотрудничеству отражает степень колаборативной зрелости предприятий, их активность, согласованность и готовность к сотрудничеству. Эффективность использования энергии, материалов, сырья и прочих ресурсов компаний предлагается оценивать на основе таких показателей, как:

- рациональное потребление ресурсов (расход энергии, сырья, материалов и пр.);
- экологическое воздействие (образование отходов при производстве в виде твердых отходов, выбросов в атмосферу или сточных вод, шума);
- экономический эффект (повышение показателей коммерческой составляющей, устойчивости предприятия на рынке);
- улучшение инновационно-технологических показателей (совершенствование системы менеджмента, повышение производительности, инновационная ориентированность);
- «дружелюбность» производства к окружающей среде;
- снижение экологических рисков.

Концепция сбалансированных показателей взята за основу как методология подхода. Но в отличие от классического представления в статье предлагается рассматривать направления, отражающие принципы экономики замкнутого цикла (рис. 5).

1.1 Экономический	1.2 Циркулярный	1.3 Социально-экологический	1.4 Инновационно-технологический
• Оценка экономической устойчивости • Оценка устойчивости прибыли • Динамика активов и обязательств	• Степень вовлечения вторичных ресурсов • Доступность ресурсов для реализации этапов цепочки создания конечного продукта • Уровень повышения ресурсо- и энергоэффективности	• Уровень углеродоемкости и отходоемкости • Ориентация на создание высокопроизводительных рабочих мест • Значимость вклада в социально-экономическое развитие регионов присутствия	• Степень импортонезависимости • Нацеленность на реализацию НДТ • Степень соответствия технологий мировому уровню • Ориентированность компаний на постоянную технологическую модернизацию

Рис. 5. Система показателей оценки потенциала предприятия в целях его включения в промышленный симбиоз (составлено авторами)

В табл. 1 представлена система показателей симбиотического потенциала, которые могут оцениваться как количественно, так и качественно через экспертную оценку.

Таблица 1

Показатели оценки симбиотического потенциала компаний

Вид потенциала	Показатели	Оценка состояния/ динамики	
		Фактически	Качественно
Экономический	Оценка экономической устойчивости	+	+
	Оценка устойчивости прибыли	+	+
	Динамика активов и обязательств	+	+
Циркулярный	Степень вовлечения вторичных ресурсов	–	+
	Доступность ресурсов для реализации этапов цепочки создания конечного продукта	–	+
	Уровень повышения ресурсо- и энергоэффективности	+	+
Социально-экологический	Уровень углеродоемкости и отходоемкости	+	+
	Ориентация на создание высокопроизводительных рабочих мест	–	+
	Значимость вклада в социально-экономическое развитие регионов присутствия	+	+
Инновационно-технологический	Степень импортнезависимости		
	Степень соответствия технологий мировому уровню	+	+
	Нацеленность на реализацию НДТ	+	+
	Ориентированность компаний на постоянную технологическую модернизацию	+	+

1.1. **Экономический потенциал** включает оценку предприятий по финансовым показателям в динамике за последние 5–10 лет. Данный показатель является одним из определяющих критериев, так как при данном масштабе коммерческая заинтересованность является ключевой составляющей для участников. Оценка экономического потенциала предлагается осуществлять через интеграцию следующих показателей:

1.1.1. *Уровень экономической устойчивости* отражает долгосрочную платежеспособность и рентабельность предприятия. Определяется по динамике показателей финансовой независимости, эффективности инвестиций, показателей рентабельности, ликвидности или выручки.

1.1.2. *Устойчивость прибыли* определяется через соотношение финансовых обязательств промышленных предприятий к активам или к прибыли от продаж.

1.1.3. *Уровень финансовой устойчивости* определяется соотношением чистых активов предприятий и обязательств в динамике за последние 5 и более лет.

1.2. Циркулярный потенциал характеризует нацеленность на эффективное использование отходов или снижения объемов их образования, привлечение вторичных ресурсов, снижение потребления энергии. Определяется по реализуемым или успешно реализованным проектам, по динамике потребления ресурсов за последние 5–10 лет. Оценку предлагается осуществлять по следующим направлениям:

1.2.1. *Степень вовлечения вторичных ресурсов.* Отражает постоянную модернизацию производственных процессов и технологий для комплексного использования ресурсов и эффектов от технологических процессов. Идентифицируется через наращивание повторного использования ресурсов, упаковки, тары или заключение контрактов по реализации отходов для их использования в качестве исходного сырья у других предприятий.

1.2.2. *Доступность ресурсов* для реализации этапов цепочки создания конечного продукта определяется по возможности получения ресурсов и сроку их истощаемости.

1.2.3. *Уровень повышения ресурсо- и энергоэффективности* определяется за последние 5–10 лет по осуществлению постоянного улучшения показателей: ресурсопотребление, энергопотребление, использование альтернативных источников энергии, вовлечение излишней энергии одного производственного процесса в другой.

1.3. Социально-экологический потенциал отражает нацеленность предприятий на модернизацию производств с учетом снижения воздействия на окружающую среду для сохранения функционирования природных систем. Рассматривается опыт и увеличение заинтересованности компании в реализации эколого-социальных проектов. Социально-экологический потенциал предлагается оценивать через стремление предприятий к устойчивому развитию путем создания и выполнения программ по повышению экологической и социальной ответственности бизнеса. Оценка данного потенциала определяется через интеграцию следующих показателей:

1.3.1. *Уровень углеродоемкости, отходоемкости.* В зависимости от отрасли, к которой принадлежит симбиоз, от характера оцениваемого процесса показатели, характеризующие воздействие на экологию, могут изменяться. Оценка проводится по изменениям показателей в динамике за 5–10 лет. Перечень показателей может включать: потребление воды, образование твердых и жидких отходов, выбросы углерода или других веществ в атмосферу. Может оцениваться по фактическим значениям или через экспертную оценку.

1.3.2. *Ориентация на постоянное создание высокопроизводительных рабочих мест* может быть оценена по реализуемым программам обучения (тренинги, курсы по повышению квалификации, получение высшего образования) или через анализ кадрового состава предприятия.

1.3.3. *Значимость вклада в социально-экономическое развитие регионов* присутствия может быть определена через динамику повышения занятости населения, через реализацию социальных программ, через динамику повышения уровня заработной платы, через повышение уровня охраны и безопасности труда, через внедрение климатосберегающих технологий, через повышение качества жизни населения и развитие инфраструктуры.

1.4. Инновационно-технологический потенциал отражает нацеленность предприятия совершенствовать основные фонды, технологии и технологические процессы. Данный потенциал включает совокупность имеющихся

средств производства и потенциальных возможностей по внедрению новых технологий, техники и оборудования с целью поддержания текущей деятельности предприятий и увеличения ее эффективности. Рассматривается модернизация производства за последние 5–10 лет и уровень независимости предприятий. Оценку инновационно-технологического потенциала предлагается осуществлять через систему следующих показателей:

1.4.1. *Степень импортонезависимости*, которая отражает самостоятельное использование национальных ресурсов и благ: средства труда, программное обеспечение, технологии, материалы и оборудование. Определяется только экспертно.

1.4.2. *Степень соответствия технологий мировому уровню* может определяться посредством сравнения по показателям: производительность труда, экономическая, социальная и экологическая эффективность, возможность реализации технологии и ее глобальная конкурентоспособность. Оценивается только экспертно в связи с быстрой изменчивостью показателя оценки и отсутствием надежных количественных показателей оценки.

1.4.3. *Соответствие критериям НДТ*. Данный показатель отражает постоянную модернизацию производств, производственных процессов или площадок, направленную на комплексное предотвращение и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду. Учитывается соблюдение предприятием стандартов, изложенных в ИТС по НДТ. Показатель определяется экспертно, и наибольший балл проставляется при постоянном развитии предприятия по критериям НДТ, а не при разовых модернизациях для соблюдения ужесточаемых нормативов.

1.4.4. *Ориентация компаний на постоянную технологическую модернизацию* определяется через динамику ежегодных инвестиций. Необходимо учитывать долю собственных, сторонних и государственных источников финансирования.

Для определения стремления участников к сотрудничеству с позиции формирования симбиотических связей предлагается следующая система показателей:

2.1. *Уровень квалификации и кадровый потенциал* персонала может быть определен при оценке: кадрового состава (структуры, образования, стажа работы, квалификации, текучести), наличия и динамики программ повышения квалификации, динамики производительности персонала.

2.2. *Степень активности в партнерском взаимодействии* определяется через динамику количества совместных договоров и проектов о сотрудничестве между предприятиями, динамику количества совместных исследований, факты проведения добровольной технологической разведки.

2.3. *Активность предприятий в продвижении передовых производственных технологий* (в том числе участие в международных и всероссийских мероприятиях, форумах, конкурсах). Показатель оценивает нацеленность на внедрение и распространение технологий, позволяющих снизить энергоемкость, материалоемкость производства и/или получить материалы нового типа.

2.4. *Уровень положительной репутации и доверия стейкхолдеров* к предприятию определяется через оценку имиджа, гудвилла и надежности предприятия на момент оценки.

В табл. 2 представлена система показателей оценки стремления участников к сотрудничеству.

Таблица 2

Система показателей оценки стремления участников к сотрудничеству

Вид потенциала	Показатели оценки	Оценка состояния/ динамики	
		Фактически	Качественно
Стремление участников к сотрудничеству	Уровень квалификации и кадровый потенциал персонала	–	+
	Степень активности в партнерском взаимодействии (динамика количества договоров о сотрудничестве)	+	+
	Активность предприятий в продвижении передовых производственных технологий и связанных с ними бизнес-моделей (в том числе участие в международных и всероссийских мероприятиях, форумах, конкурсах)	+	+
	Уровень репутации	–	+

Представленные показатели в табл. 1 и 2 могут быть оценены как количественно, так и качественно путем экспертного оценивания. Экспертная оценка проводится среди стейкхолдеров симбиоза и высшего менеджмента компаний.

Эксперты присваивают удельный вес всем показателям, которые отражают их уровень значимости в проводимой оценке. Для качественных показателей определяют баллы по представленным предприятиям, где 0 соответствует низкому уровню показателя, а 100 соответствует высшей оценке показателя.

Шкала для экспертного оценивания симбиотических показателей приведена в табл. 3.

Таблица 3

Шкала для экспертного оценивания симбиотических показателей

Оценка показателя	Описание показателя	Балльная шкала
Отличный уровень	Высший уровень, по данному показателю наблюдается полное соответствие	81–100
Хороший уровень	Данный показатель соответствует предприятию, однако есть необходимость совершенствования	61–80
Удовлетворительный уровень	Данный показатель может быть рассмотрен	36–60
Условно удовлетворительный уровень	Данный показатель реализуем с малой вероятностью	16–35
Неудовлетворительный уровень	Низший уровень, по данному показателю отсутствуют возможности или перспективы	0–15

По результатам расчетов интегральных показателей формируется матрица коллаборативной зрелости, где по горизонтали откладываются интегральные показатели по результатам оценки стремления предприятий к сотрудничеству, а по вертикали – симбиотический потенциал предприятий.

Квадранты матрицы заполняются в соответствии с табл. 4.

Таблица 4

Матрица коллаборативной зрелости

Уровень коллаборативности	Степень сотрудничества	
	Низкое стремление к сотрудничеству	Высокое стремление к сотрудничеству
Высокий коллаборативный уровень	I. Низкий уровень заинтересованности 0 <...> 50	II. Высшая степень готовности 51 <...> 100
Низкий коллаборативный уровень	III. Низшая степень готовности 0 <...> 50	IV. Низкий уровень развития 51 <...> 100

Положение участников правее и выше соответствует высшей степени готовности (II квадрант). Наименьшая готовность отражает положение оцениваемой компании в квадранте III. I квадрант характеризует высокий коллаборативный уровень и низкую готовность к сотрудничеству, а IV – высокую готовность, но низкий уровень развития для создания симбиоза.

Алгоритм описанного выше подхода может быть представлен следующим образом:

1. Определение участников исследования.
2. Отбор показателей по обозначенной иерархии. Осуществляется определение качественных и количественных показателей (определяется в зависимости от доступности информации по участникам исследования).
3. Расчет количественных показателей (при наличии). Определение шкалы для осуществления экспертной оценки.
4. Создание экспертных групп, назначение весовых коэффициентов всем показателям, оценка экспертами предприятий по качественным показателям.
5. Сбор данных и обработка результатов опроса.
6. Расчет интегральных показателей с учетом весовых коэффициентов и составление матрицы возможностей сотрудничества.

Ограничения и допущения предлагаемого методического подхода состоят в следующем:

1. Отбираемые показатели для оценки должны быть применимы ко всем рассматриваемым потенциальным участникам симбиоза (определяться могут по количественным характеристикам расчетным способом или по качественным через экспертную оценку).
2. Для каждого потенциала необходимо выбрать минимум один показатель, который может быть определен для каждого участника симбиоза.
3. Оценки для фактических показателей могут определяться количественным путем по предложенной шкале, где оценивается динамика показателя и назначаются баллы. Для качественных показателей предлагается шкала с описанием присвоения баллов.
4. Экспертную оценку рекомендуется проводить среди 20 и более экспертов. Перед проведением опроса экспертами совместно назначаются весовые

коэффициенты для показателей. Назначение весовых коэффициентов может проводиться инициаторами исследования.

5. Для двух вариантов назначение весовых коэффициентов необходимо выполнять по требованию: веса должны систематизировать показатели по уровню приоритетности (значимости, влиятельности) для проведения оценки отобранных предприятий. Наибольший вес соответствует большему уровню значимости. Сумма всех весовых коэффициентов по направлению оценки должна равняться 1.

Безусловно, предлагаемая система показателей и шкала оценок варьируема, зависит от отраслевой специфики и может корректироваться экспертным сообществом.

Предложенный подход к оценке предприятий позволит не только выявить возможных участников потенциального симбиоза, но и даст возможность остальным предприятиям определить те направления, которые им необходимо развивать, чтобы в дальнейшем встраиваться в успешно функционирующие симбиозы.

Кейс. Оценка коллаборативной зрелости участников промышленного симбиоза по переработке фосфогипса

Анализ ситуации с образованием гипсосодержащих отходов

Редкоземельные элементы (редкоземельные металлы – РЗЭ) являются стратегическим сырьем для современного рынка инновационных технологий. Данные элементы используются в радиоэлектронике, машиностроении, атомной, химической и авиационной промышленности. Применяется при производстве нефти, магнитов, полупроводников, сверхпроводников, компонентов электроники, высококачественной оптики, стекла, генераторов, в качестве присадок, катализаторов и пр.

Спрос на РЗЭ на мировом рынке увеличивается. Часть элементов, таких как лантан, церий и другие легкие РЗЭ характеризуется избытком, однако иттербий, лутеций, иттрий, диспрозий, гадолиний, самарий, европий, тербий и пр. дефицитны. Основные запасы в размере 77 % сосредоточены в странах БРИКС, однако основными поставщиками являются только Китай (60 %), США (16 %), Бирма (8 %) и Австралия (7,5 %). В России производство РЗЭ осуществляется только на Ловозерском лопаритовом месторождении в Мурманской области и направляется на экспорт. Собственные потребности перекрывает импорт. Учитывая геополитическую обстановку и увеличение спроса на РЗЭ, для России становятся стратегически важным сырьем РЗЭ. Производство данных элементов влияет на развитие новых отраслей экономики.

Возможности собственного производства РЗЭ определяются наличием широкой ресурсной базы в Мурманской области, Якутии, Чукотке, Иркутске и Забайкальском крае. Большая часть запасов сосредоточена в Ловозерском месторождении (Мурманская обл.), однако сейчас данные руды не извлекают из сырья, а как отход направляют в отвалы хвостохранилищ в виде фосфогипса. В остальных месторождениях добыча не ведется.

К 2022 г. отмечено, что ежегодные накопления фосфогипса в мире достигли 150–200 млн т. На Россию в образовании фосфогипса приходится около 15 млн т/г. В Воскресенске, Волхове, Уварово, Мелеузе, Череповце, Балаково и т.д. в отвалах крупных предприятий России уже накоплено более 200 млн т фосфогипса. По некоторым источникам объемы фосфогипса составляют 450–500 млн т.

Гипсосодержащие отходы в несколько раз превышают объемы добычи гипсового сырья и сопутствующих полезных компонентов. При получении фосфорной кислоты и удобрений отмечено наибольшее образование отхода (на 1 т полезного сырья тратится 4–7 т фосфогипса), а вовлечение отходов во вторичное производство составляет 1 % или 150 тыс. т. Таким образом, фосфогипс – это побочный продукт при производстве минеральных удобрений (фосфорной кислоты) из апатита и фосфорита. Так как состав фосфогипса включает также используемый в строительстве гипс, часть отходов перерабатывается и используется в строительной индустрии, однако оставшаяся большая часть фосфогипса с РЗЭ направляется в отвалы.

Стремительное образование отвалов из фосфогипса является техногенной нагрузкой на окружающую среду. Фосфогипс имеет пылевидную форму и включает в состав вещества, которые под действием ветра или движения грунтовых вод распространяются по окружающим территориям. Опасные компоненты в виде фтора, фосфора, радиоактивных и других примесей попадают в почву, атмосферу, поверхностные и подземные воды, что необходимо учитывать при предотвращении НВОС.

Особенностью переработки фосфогипса является то, что в зависимости от вида исходного сырья и используемой технологии предприятия меняется степень извлечения полезных компонентов, степень добычи сопутствующих веществ, что снижает объемы образования фосфогипса как отхода.

Предотвращение данного воздействия возможно через переработку фосфогипса путем создания кусковидных форм данного отхода или через вовлечение отходов во вторичное производство.

Таким образом, актуальным является вопрос объединения участников рынка для создания коллаборативных связей с целью комплексного использования данного сырья. Решение данной задачи требует внедрения перспективных конкурентоспособных технологий, повышения экономического эффекта и предотвращения НВОС. Для решения перечисленных задач необходимо создание производств не на основе традиционной линейной модели, а через формирование циклических моделей производств, когда отходы одного производства являются сырьем другого, что повышает экономическую целесообразность создания замкнутых цепочек производства через повышение ресурсного потенциала и снижения НВОС.

Для рассматриваемого проекта это может быть осуществлено через использование отходов (фосфогипса) от переработки апатита и фосфорита. Фосфогипс может быть использован для производства возможных полезных продуктов в виде строительных материалов и редкоземельных элементов.

Технология комплексной переработки фосфогипса

Положительный опыт по разработке технологий комплексной переработки фосфогипса продемонстрировала группа компаний «Скайград» на примере пилотного проекта. В 2011–2017 гг. были проведены исследования, в результате которых при переработке фосфогипса удалось получить сырье для производства сухих строительных смесей, плит и гипсокартона, а также выделить концентраты редкоземельных элементов. По результатам исследований были получены две технологии комплексной переработки исходного сырья в виде фосфогипса. На рис. 6 приведена одна из технологических схем.

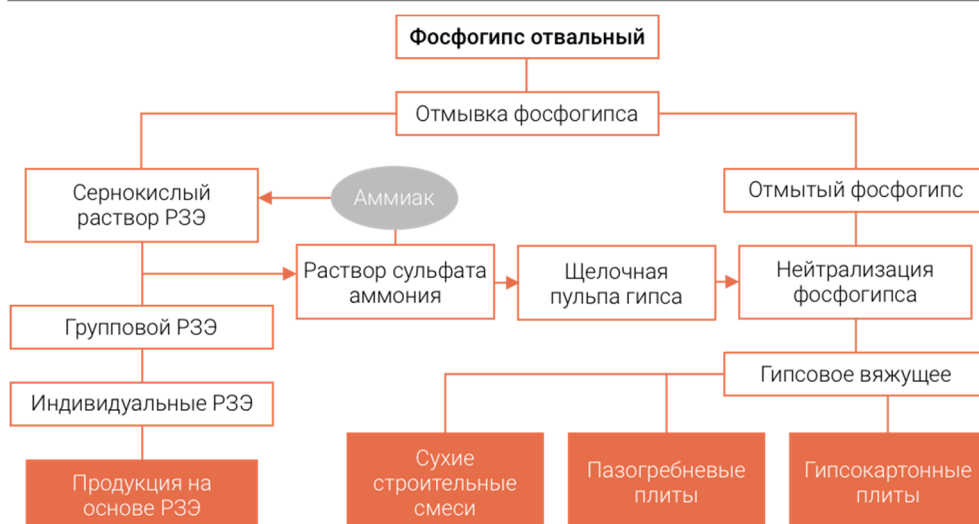


Рис. 6. Схема комплексной переработки фосфогипса
(по данным группы компаний «Скайград», URL: <http://rzm.sky-grad.ru/fosfogips>)

По данной технологии использование отхода в виде фосфогипса (в качестве сырья для производства РЗЭ) позволит повысить ресурсную эффективность за счет комплексной переработки сырья и снижения объемов образующихся отходов. Описанные технологии были апробированы в рамках пилотного проекта ООО «Лаборатория инновационных технологий» (ООО «ЛИТ»).

ГК «Скайград» осуществляет переработку фосфогипса в г. Воскресенске на территории АО «Воскресенские минеральные удобрения» в рамках пилотного проекта. По полученным результатам данный проект показал положительный эффект и может быть внедрен в аналогичные производства.

Технологии переработки РЗЭ характеризует один из примеров повышения ресурсной эффективности и комплексной переработки сырья.

Схема потоков ресурсов для формирования симбиотических связей приведена на рис. 7.



Рис. 7. Процесс комплексной переработки по схеме «Апатит, фосфорит – фосфогипс – РЗЭ, строительные материалы» (составлено авторами)

На рис. 7 показан участок технологического процесса, где целесообразно формирование симбиоза. На данном этапе отходы просто складируют в отвалы. Формирование же симбиоза позволит обеспечить переработку отходов в виде фосфогипса другими предприятиями, что значительно снизит нагрузку на окружающую среду.

В качестве основного участника потенциального симбиоза выбрана одна из ведущих компаний по производству фосфорных удобрений с образованием отходов в виде фосфогипса – АО «ФосАгро». В состав АО «ФосАгро» входят три перерабатывающих предприятия (АО «Апатит» (Вологодская область), Балаковский филиал АО «Апатит», Волховский филиал АО «Апатит»), расположенных в центральном и Северо-Западном регионах России. Данные предприятия являются активными производителями отходов в виде фосфогипса, что объясняет совпадение их расположений рядом с отвалами.

Учитывая приведенную статистику образования фосфогипса (на 1 т формируется 5–7 т фосфогипса), АО «ФосАгро» сгенерировало за 2022 г. в среднем 21,920 млн т фосфогипса. Сейчас предприятие частично осуществляет реализацию отходов. Фосфогипс направляется на нужды сельского хозяйства, однако большая часть складирывается в отвалы. В 2021 г. АО «ФосАгро» было поставлено 3,54 млн т фосфогипса для нужд сельского хозяйства.

Другими участниками симбиоза были выбраны потенциальные потребители фосфогипса. Предприятия определялись по принципам:

- принадлежность к металлургической промышленности;
- возможность совмещения основной деятельности и встраивания в технологическую цепочку отхода в виде фосфогипса как исходного сырья для производства РЗЭ;

- транспортная доступность и развитая логистическая инфраструктура.

ОАО «Атомредметзолото» – российская уранодобывающая компания, которая является горнорудным дивизионом Государственной корпорации «Росатом». Занимает шестое место в мире по объему добычи урана и второе по объему запасов урана в недрах. В 2021 г. компанией было добыто 2635 т.

Помимо основной деятельности ОАО «Атомредметзолото» занимается развитием других направлений бизнеса: с 2021 г. производит один из РЗЭ – скандий; перерабатывает ильменит-цирконовые пески; осуществляет опытно-промышленную добычу золота на месторождении Северное. В годовой отчетности компании отражена заинтересованность в решении социально-экономических вопросов, что делает рассматриваемый нами проект приоритетным. Из РЗЭ сейчас добывается лишь два, однако предлагаемая технология позволяет выделять все 17 возможных.

ОАО «Атомредметзолото» сейчас в рамках проекта «Сырьевое обеспечение стратегических инициатив» поставило цель по удовлетворению отечественных потребностей в РЗЭ. К 2021 г. построено первое в стране производство титана. Далее планируется осуществлять развитие направления по добыче РЗЭ, поэтому рассматриваемая нами технология соответствует приоритетам развития. Сейчас у компании уже реализуются восемь самостоятельных проектов социально-экологического направления, что подтверждает опыт и заинтересованность в решении проблем долгосрочного устойчивого развития.

Другой участник симбиоза, который также может быть заинтересован в развитии производства РЗЭ, – ОАО «Чепецкий механический завод»

(ОАО «ЧМЗ»). Специализируется на производстве металлов, сплавов и изделий из них для атомной промышленности (является производителем металлического циркония, ниобия, кальция). На базе завода сейчас осуществляется по своей технологии добыча одного элемента из всех РЗЭ. Намерение дальше развивать данное направление подтверждается пятью реализуемыми проектами, которые связаны с добычей и использованием редких элементов. Необходимость производства РЗЭ для данной корпорации подтверждается потребностью в РЗЭ при производстве полупроводниковой техники, что является стратегически важным.

Заинтересованность завода в решении экологических проблем отражает стратегия компании. С 2019 г. запущена установка по переработке отходов производства (позволяет на 70 % сократить объем накопленного в хвостохранилищах отхода от производства урана). Опыт ОАО «ЧМЗ»: семь проектов.

Стоит рассмотреть потенциальным участником симбиоза АО «Туганский ГОК "Ильменит"». На данном объекте ведется добыча и обогащение ильменит-цирконовых песков. Финансовые показатели компании (прибыль и выручка) демонстрируют снижение с 2016 г. В 2021 г. отмечен убыток в 16,82 млн руб., однако АО «ТГОК "Ильменит"» заинтересовано в собственном производстве РЗЭ. В рамках дорожной карты Российской Федерации «Технологии новых материалов и веществ» планируется, что Туганский ГОК «Ильменит» будет первым полномасштабным производством по направлению редких и редкоземельных металлов. Мощность по переработке позволит обеспечить стабильность, безопасность и бесперебойность поставок стратегически важных концентратов – циркониевых, титановых и рутил-лейкоксовых для нужд Госкорпорации «Росатом» и других крупных российских предприятий. Опыт компании АО «ТГОК "Ильменит"» представлен четырьмя проектами (развитие стекольного производства и один по развитию РЗЭ).

Другой потенциальный участник симбиоза – ОАО «Соликамский магниевый завод», который уже осуществляет производство РЗЭ и имеет свои технологии. Сейчас ОАО «Соликамский магниевый завод» занимается производством ниобия, магния, губчатого титана и тантала. В 2020 г. завод был единственным в стране производителем редкоземельных элементов. Сейчас стратегия завода нацелена на реализацию проектов в сфере импортозамещения, на создание технологического цикла по производству не только сырья, но и конечной продукции с использованием редких металлов и редкоземельных элементов. Финансовые показатели компании на 2021 г. демонстрируют увеличение, а стратегия развития содержит задачи создания производств РЗЭ, что подтверждает интерес к созданию предлагаемого симбиоза. Опыт ОАО «Соликамский магниевый завод» насчитывает восемь проектов.

Оценка симбиотического потенциала и коллаборативной зрелости

По предложенной в разделе 3 статьи методологии была проведена оценка возможности симбиоза между АО «ФосАгро» как основного участника симбиоза и другими предприятиями – потенциальными потребителями отхода АО «ФосАгро» в виде фосфогипса. Результаты оценки приведены в табл. 5 и 6. Экспертная группа в количестве 19 человек определила ранги показателей по их значимости с позиции важности для формирования симбиоза. Экспертная группа провела оценку показателей по каждому предприятию.

Таблица 5

Сравнительная характеристика предприятий по определению симбиотического потенциала
(составлено авторами на основе экспертной оценки)

Симбиотический потенциал	Характеристика показателя	Удельный вес	АО «Фос-Агро»	ОАО «Атомредметзолото»	АО «ЧМЗ»	АО «Туганский ГОК "Ильменит"»	ОАО «Соликамский магниевый завод»					
Экономический	1.1.1 Оценка экономической устойчивости	0,10	96	9,60	77	7,70	83	8,30	31	3,10	74	7,40
	1.1.2 Оценка устойчивости прибыли	0,10	90	9,00	64	6,40	58	5,80	14	1,40	85	8,50
	1.1.3 Динамика активов и обязательств	0,05	88	4,40	68	3,40	64	3,20	42	2,10	67	3,35
	1.2.1 Степень вовлечения вторичных ресурсов	0,05	81	4,05	95	4,75	90	4,50	59	2,95	86	4,30
Циркулярный	1.2.2 Доступность ресурсов для реализации этапов цепочки создания конечного продукта	0,10	92	9,20	91	9,10	78	7,80	72	7,20	82	8,20
	1.2.3 Уровень повышения ресурсо- и энергоэффективности	0,11	96	10,56	92	10,12	91	10,01	74	8,14	89	9,79
	1.3.1 Уровень углеродоемкости и отходоемкости	0,07	92	6,44	82	5,74	74	5,18	51	3,57	84	5,88
	1.3.2 Ориентация на создание высокопроизводительных рабочих мест	0,06	90	5,40	80	4,80	79	4,74	59	3,54	86	5,16
Социально-экологический	1.3.3 Значимое вклада в социально-экономическое развитие регионов присутствия	0,05	92	4,60	87	4,35	89	4,45	65	3,25	80	4,00
	1.4.1 Степень импортонезависимости	0,08	88	7,04	74	5,92	56	4,48	64	5,12	74	5,92
	1.4.2 Степень соответствия технологий мировому уровню	0,06	96	5,76	84	5,04	66	3,96	71	4,26	89	5,34
	1.4.3 Нацеленность на реализацию НДТ	0,10	97	9,70	84	8,40	77	7,70	73	7,30	87	8,70
Инновационно-технологический	1.4.4 Ориентированность компаний на постоянную технологическую модернизацию	0,07	92	6,44	76	5,32	64	4,48	52	3,64	74	5,18
	Итого:	1,00	–	92,19	–	79,99	–	74,60	–	55,57	–	81,72

Таблица 6

Результаты оценки по направлению «стремление участников к сотрудничеству»
(составлено авторами на основе экспертной оценки)

Направление оценки	Характеристика показателя	Удельный вес	АО «ФосАгро»	ОАО «Атомред-метзолото»	АО «ЧМЗ»	АО «Тутанский ГОК "Ильменит"»	ОАО «Соликамский магниевый завод»
Стремление участников к сотрудничеству	2.1 Уровень квалификации и кадровый потенциал персонала	0,30	92	84	77	68	67
	2.2 Степень активности в партнерском взаимодействии (динамика договоров о сотрудничестве)	0,20	86	72	66	53	61
	2.3 Активность предприятий в продвижении передовых производственных технологий (в том числе участие в международных и всероссийских мероприятиях, форумах, конкурсах)	0,25	92	82	63	44	51
	2.4 Уровень репутации	0,25	90	84	83	57	68
Итого:		1,00	–	–	–	–	–
			90,30	81,10	72,80	56,25	60,05

По полученным в таблицах результатам строим матрицу для определения возможности создания симбиоза между АО «ФосАгро» и потенциальными партнерами (рис. 8), где по горизонтальной оси представлено стремление участников к сотрудничеству, а по вертикальной оси – симбиотический потенциал.

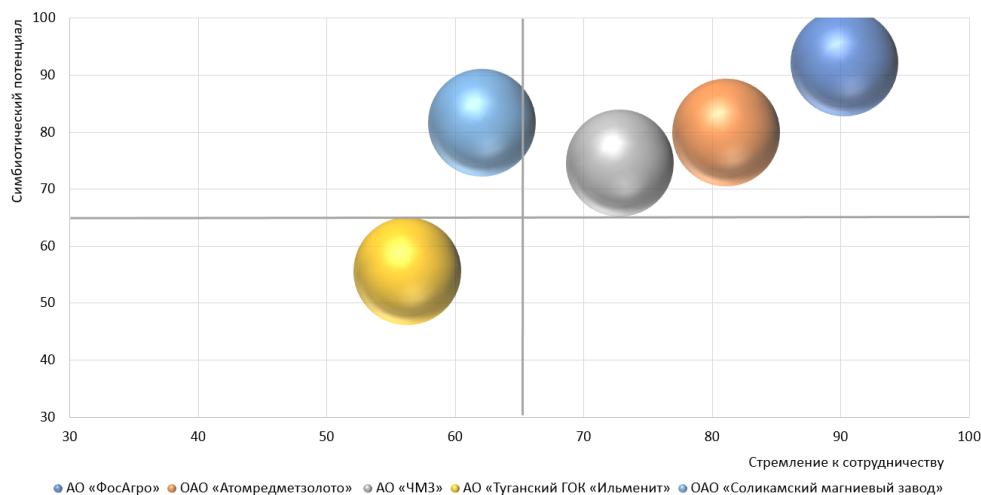


Рис. 8. Матрица возможности создания промышленных симбиозов (составлено авторами)

Критерием для определения возможности создания симбиоза является положение участника:

- в квадранте, расположенном правее и выше;
- близость потенциального участника к АО «ФосАгро».

На рис. 8 такому критерию соответствуют предприятие ОАО «Атомредметзолото», что позволяет делать вывод о его высокой степени готовности к созданию совместного симбиоза.

Следующим претендентом на создание симбиоза может быть ОАО «Соликамский магниевый завод», однако предприятие имеет низкое стремление к сотрудничеству, хоть и превышает по показателям симбиотический потенциал ОАО «Атомредметзолото». Данное предприятие может рассматриваться как симбиотический актор только при формировании стратегической политики компании, нацеленной на партнерство и сотрудничество.

Для предприятия АО «Туганский ГОК "Ильменит"» характерна низкая степень готовности к созданию симбиоза. Для его возможного когда-либо рассмотрения в качестве актора симбиоза менеджменту компании необходимо серьезно работать над развитием симбиотического потенциала и культурой партнерства.

Кейс. Оценка коллаборативной зрелости акторов промышленной инновационной экосистемы «Безопасные фосфаты»

Под промышленной экосистемой авторы понимают сеть промышленных симбиозов, включающую в себя акторов, которые производят промышленные

товары и услуги в симбиотическом сотрудничестве, рационально используя ресурсы и особую интеллектуальную среду, формируемую посредством связей между акторами. Объединение акторов происходит на условиях сетевого партнерства и когнитивности как основного механизма достижения стратегических целей.

По результатам оценки симбиотического потенциала и коллаборативной зрелости были сформированы четыре промышленных симбиоза – потенциальные акторы промышленной инновационной экосистемы «Безопасные фосфаты» при условии достижения определенного уровня коллаборативной зрелости. Авторы подробно описали возможный состав акторов промышленных инновационных экосистем и их роли в предыдущих работах [17, 26–28]. В промышленной инновационной экосистеме «Безопасные фосфаты» интегратором является компания «Скайград», которая обеспечивает трансфер технологии комплексной переработки фосфогипса. Основные акторы, обеспечивающие трансфер знаний и инноваций, представлены следующими организациями:

1. Центр инжиниринга и промышленного дизайна Саратовского государственного университета.
2. Центр экологической промышленной политики.
3. Инжиниринговые центры.

Перечень промышленных акторов, которые являются производителями РЗЭ и потребителями отходов в виде фосфогипса, представлены в табл. 7. Каждый промышленный симбиоз сформирован в отдельном регионе с учетом уровня логистического и инфраструктурного развития территорий.

Таблица 7

Основные акторы промышленной инновационной экосистемы
«Безопасные фосфаты»

Актеры ПЭ	Роль акторов в экосистеме	Регион присутствия
1	2	3
<i>Промышленный симбиоз 1</i>		
АО «Атомредметзолото»	Производитель РЗЭ	Архангельская область
Инжиниринговый центр «ВНИПИПромтехнологии»	Разработчик технологии по производству РЗЭ	Московская область
Евроцемент групп	Потребитель – использование фосфогипса при производстве цемента	Архангельская область
ОАО «Котласский химический завод»	Потребитель – использование фосфогипса при производстве лакокрасочных изделий	Архангельская область
<i>Промышленный симбиоз 2</i>		
ЕвроХим-УКК	Производитель РЗЭ	Уральский регион
ОАО «Чепецкий механический завод»	Производитель РЗЭ	Уральский регион
АО «Свердловский завод гипсовых изделий»	Производитель гипсокартона	Уральский регион

Окончание табл. 7

1	2	3
ООО «Урал-Гипс»	Производитель пазогребных плит	Уральский регион
ООО «Строительные материалы и технологии»	Использует фосфогипс для производства строительных смесей	Уральский регион
Компания «ГИПСОПОЛИМЕР»	Производитель материалов для «сухого» строительства и высококачественной отделки	Уральский регион
<i>Промышленный симбиоз 3</i>		
АО «ФосАгро»	Производитель отходов в форме фосфогипса	Саратовская область
Центр инжиниринга и промышленного дизайна Саратовского государственного университета	Разработчик технологии по производству фосфогипса дорожного, используемого при строительстве дорог	Саратов
Нижне-Волжское Управление Федеральных автомобильных дорог Федерального дорожного агентства	Использует фосфогипс для при строительстве и ремонте дорог	Саратовская область
Саратовское дорожно-строительное предприятие	Использует фосфогипс для при строительстве и ремонте дорог	Саратов
<i>Промышленный симбиоз 4</i>		
АО «Воскресенские минеральные удобрения»	Производитель отходов в форме фосфогипса	Московская область
Производственная компания «ОТЭКС»	Использует фосфогипс для производства строительных смесей	Москва
Компания «БОЛАРС»	Производитель отделочных материалов	Московская область
Завод «ГЛИМС-Продакшн»	Производитель гипсокартона	Московская область
Завод «Perfekta»	Использует фосфогипс для производства строительных смесей	Москва
Компания «Русеан»	Производитель пазогребных плит	Московская область

Единицей анализа и оценки коллаборативной зрелости являются акторы – промышленные симбиозы (ПС). Предлагаемая сбалансированная система показателей (табл. 8) содержит достаточно большое количество критериев, значимость которых неравнозначна для различных акторов экосистемы. В связи с этим при оценке потенциальных участников промышленной инновационной экосистемы для каждого актора были определены весовые коэффициенты критериев, которые в дальнейшем позволили получить интегральные оценки.

Таблица 8

Сбалансированная система показателей для оценки коллаборативной зрелости акторов промышленной инновационной экосистемы

Коллаборативная зрелость	Характеристика показателей	Удельный вес	ПС 1	ПС 2	ПС 3	ПС 4
Инновационная зрелость	Уровень инфраструктурного развития	0,22	16,14	17,80	18,02	19,90
	Кибербезопасность	0,19	14,20	15,39	16,34	15,96
	Ресурсная обеспеченность	0,20	17,60	19,80	17,20	19,00
	Сбалансированность обмена знаниями и ресурсами между акторами	0,21	15,59	17,22	18,27	18,90
	Качество цифровой платформы для взаимодействия	0,18	12,50	13,14	12,96	14,04
Итого:		1,00	76,03	83,35	82,79	87,80
Экосистемное взаимодействие	Деловая репутация	0,17	14,64	16,98	16,15	16,21
	Симбиотические связи	0,18	11,04	13,12	12,40	13,22
	Скорость реагирования на изменение запросов партнеров	0,15	12,15	13,40	11,70	13,75
	Уровень интеграции знаний, технологий, ресурсов	0,16	10,24	12,84	11,72	13,20
	Уровень самоорганизации	0,19	10,21	12,97	11,40	11,30
	Степень удовлетворенности качеством среды	0,15	11,55	13,15	12,25	11,45
Итого:		1,00	69,83	82,46	75,62	73,13

Оценка коллаборативной зрелости промышленных акторов проводилась на основе методического подхода, изложенного в разделе 3, экспертной группой, в состав которой вошли представители бизнес-сообщества, науки и региональных органов власти. Результаты оценки приведены в табл. 8.

По полученным в таблице результатам строим матрицу для определения промышленных акторов экосистемы «Безопасные фосфаты» (рис. 9), где по горизонтальной оси представлен уровень экосистемного взаимодействия потенциальных акторов, а по вертикальной оси – инновационная зрелость.

Критериями для определения промышленных акторов экосистемы являются положение потенциального актора в квадранте, расположенном правее и выше, а также близость акторов друг к другу. На рис. 9 таким критериям полностью соответствуют ПС 2 и ПС 4 и частично ПС 3. Промышленный симбиоз под номером 1 не удовлетворяет данным критериям из-за низкого уровня экосистемного взаимодействия. По уровню экосистемного взаимодействия ПС 2 больше ПС 4 на 9,33 балла за счет показателей уровня самоорганизации и степени удовлетворенности качеством среды. При этом уровень инновационной

зрелости в ПС 4 превышает аналогичный показатель в ПС 2 на 4,55 балла, так как показатель уровня инфраструктурного развития значительно выше. ПС 3 по уровню инновационной зрелости соответствует требованиям, предъявляемым к промышленным акторам, но в данном симбиозе необходимо усилить симбиотические связи и уровень интеграции, что позволит повысить экосистемное взаимодействие. Таким образом, в состав экосистемы «Безопасные фосфаты» вошли промышленные симбиозы по переработке фосфогипса, расположенные в Уральском регионе, Московской и Саратовской областях.

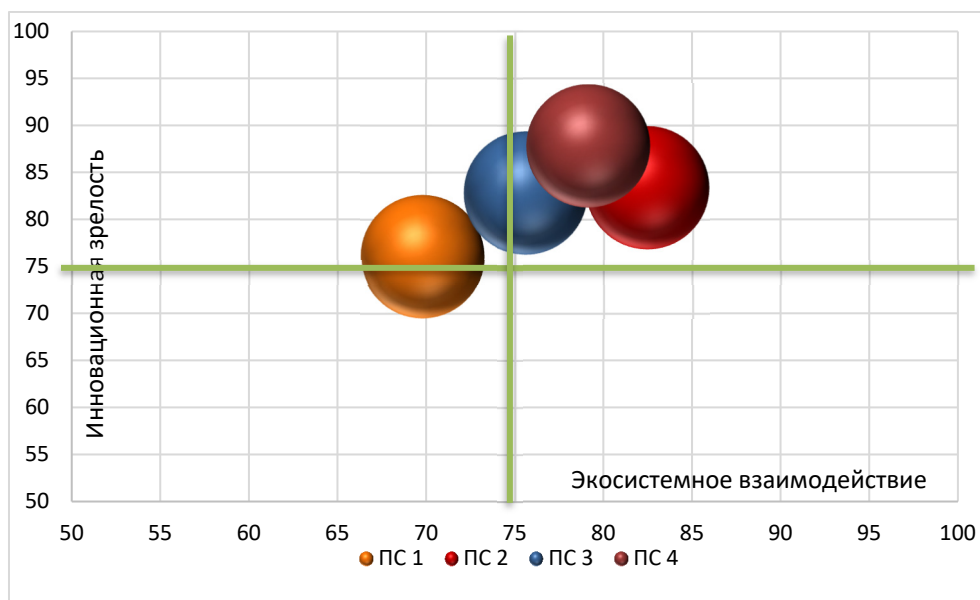


Рис. 9. Матрица формирования промышленной инновационной экосистемы «Безопасные фосфаты» (составлено авторами)

Заключение и выводы

В данной статье предпринята попытка ответа на один из сложных вопросов, связанных с критериями определения зрелости и эффективности сетевых организационно-управленческих моделей, которые очень популярны в современной теории и практике. Кластеры, симбиозы, экосистемы и т.п. – это модели, широко обсуждаемые сегодня. Причем развиваются они эволюционно, переходя от одной формы к другой, от менее совершенной к более совершенной и приспособленной к сложившейся среде функционирования хозяйствующих субъектов. Однако научная литература по-прежнему больше концентрируется на статическом подходе, описывающем ту или иную форму таких сетевых систем. Кроме того, еще меньше внимания уделяется акторам, которых можно охарактеризовать как «сложных адаптивных лидеров» [29] в формировании и развитии сложных организационно-управленческих систем и ключевым критериям, по которым можно судить о степени их развития или зрелости [30].

По нашему мнению, горизонтальная интеграция промышленных предприятий развивается эволюционно на основе повышения уровня коллаборативной зрелости каждого из акторов. Формирование промышленных экосистем требует гораздо большей глубины и масштаба анализа, особенно в контексте

ограниченных традиций сотрудничества и доверия, когда необходим постепенный переход от одной стадии развития к другой. Научные результаты, которые позволяют установить критерии, по которым можно судить о переходе от одной организационно-управленческой сетевой модели к другой, проследить их эволюцию, приобретают теоретическое и практическое значение.

Промышленная экосистема может рассматриваться как сеть различных взаимодействующих акторов, которые сотрудничают друг с другом исключительно на добровольной основе; их взаимодействие постоянно производит новый порядок, возникающий без центрального контроля [31]. Благодаря своим аттракторам – определенным ценностям, поведенческим нормам и моделям – экосистема не становится хаотичной [32].

Важно также понимать, что у промышленной экосистемы не может быть идеального состояния; можно только выявить эволюционный потенциал существующей системы и делать небольшие шаги в положительном направлении «накопления» коллаборативной зрелости [27, 33].

Акторы экосистем в целом обладают свободой действий, но при этом в экосистеме должны устанавливаться невидимые границы (например, неформальные правила, поощрение позитивных моделей поведения и препятствование негативным) [33]. Для эволюционного развития сетевых моделей необходимо, чтобы обратная связь основывалась на четких и прозрачных показателях, и это очень важно для отслеживания прогресса и обеспечения возможности обучения. Предлагаемый в настоящей статье подход позволяет это сделать.

Развитие коллаборации предприятий через увеличение количества совместных инновационных технологических и экологических проектов имеет тенденцию перерасти в промышленные экосистемы, когда знания о новых произведенных или перспективных вариантах обмена ресурсами будут передаваться не только между предприятиями одного региона, но и привлекут новых акторов с других территорий и отраслей экономики. Такое взаимодействие позволит обеспечить стратегию долгосрочного развития каждому из акторов, а коммерческие и имиджевые выгоды сделают экосистемное взаимодействие приоритетным для всех участников рынка.

Список литературы

1. Porter M., Delgado M., Ketels C., Stern S. Moving to a New Global Competitiveness Index // The Global Competitiveness Report 2008–2009. World Economic Forum. Geneva, 2008. P. 43–63.
2. Mason K., Spring M. The sites and practices of business models // Industrial Marketing Management. 2011. Vol. 40. P. 1032–1041.
3. Coombes P. H., Nicholson J. D. Business models and their relationship with marketing: A systematic literature review // Industrial Marketing Management. 2013. Vol. 42. P. 656–664.
4. Miles R. E., Snow C. C. Causes of failure in network organizations // California Management Review. 1992. Vol. 34, № 4. P. 53–72.
5. Kloth C., Applegate B. Inter-Organization Collaboration & Partnerships: A Critical Analysis // OD Network Annual Conference. 2004. URL: <https://ru.scribd.com/document/156397997/Inter-organization-Collaboration-and-Partnerships-A-Critical-Analysis> (дата обращения: 28.01.2022).
6. Prokhorova V. V., Anopchenko T. U., Chernikova V. E. [et al.]. Formation and development of industrial clusters in the socioeconomic regional system // Espacios. 2018. Vol. 39.

7. Tolstykh T., Shmeleva N., Gamidullaeva L. Evaluation of Circular and Integration Potentials of Innovation Ecosystems for Industrial Sustainability // Sustainability. 2020. Vol. 12. P. 4574. doi:10.3390/su12114574
8. Gray B. Collaborating: Finding Common Ground for Multiparty Problems. San Francisco : Jossey-Bass, 1989. 358 p.
9. Hickman G. R. Leading Organizations Perspectives for a New Era Third Edition. University of Richmond, 2015. 808 p.
10. Azevedo J., Ferreira I., Dias R. [et al.]. Industrial Symbiosis Implementation Potential – An Applied Assessment Tool for Companies // Sustainability. 2021. Vol. 13. P. 1420. doi:10.3390/su13031420
11. Haq H., Välisuo P., Niemi S. Modelling Sustainable Industrial Symbiosis // Energies. 2021. Vol. 14. P. 1172. doi:10.3390/en14041172
12. Castellet-Viciano L., Hernandez-Chover V., Bellver-Domingo Á., Hernandez-Sancho F. Industrial Symbiosis: A Mechanism to Guarantee the Implementation of Circular Economy Practices // Sustainability. 2022. Vol. 14 (23). P. 15872. doi:10.3390/su142315872
13. Cioca L.-I., Ciomoş A.-O., Şeitoar D. [et al.]. Industrial Symbiosis through the Use of Biosolids as Fertilizer in Romanian Agriculture // Recycling. 2021. Vol. 6. P. 59. doi:10.3390/recycling6030059
14. Haller H., Fagerholm A.-S., Carlsson P. [et al.]. Towards a Resilient and Resource-Efficient Local Food System Based on Industrial Symbiosis in Härnösand: A Swedish Case Study // Sustainability. 2022. Vol. 14. P. 2197. doi:10.3390/su14042197
15. Haq H., Välisuo P., Niemi S. Modelling Sustainable Industrial Symbiosis // Energies. 2021. Vol. 14. P. 1172. doi:10.3390/en14041172
16. Chertow M. R. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy // Annual Review of Energy and the Environment. 2000. Vol. 25. P. 313–337.
17. Tolstykh T., Shmeleva N., Gamidullaeva L. Elaboration of a Mechanism for Sustainable Enterprise Development in Innovation Ecosystems // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2020. Vol. 6 (4). P. 95. doi:10.3390/joitmc6040095
18. Tolstykh T., Gamidullaeva L., Shmeleva N. Approach to the Formation of an Innovation Portfolio in Industrial Ecosystems Based on the Life Cycle Concept // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2020. Vol. 6. P. 151. doi:10.3390/joitmc604015
19. Gamidullaeva L., Shmeleva N., Tolstykh T., Shmatko A. Assessment Approach to Circular Business Models within an Industrial Ecosystem for Sustainable Territorial Development // Sustainability. 2022. Vol. 14 (2). P. 704.
20. Gamidullaeva L., Tolstykh T., Bystrov A. [et al.]. Cross-sectoral digital platform as a tool for innovation ecosystem development // Sustainability. 2021. Vol. 13. P. 11686.
21. Branca T. A., Fornai B., Colla V. [et al.]. Skills Demand in Energy Intensive Industries Targeting Industrial Symbiosis and Energy Efficiency // Sustainability. 2022. Vol. 14. P. 15615. doi:10.3390/su142315615
22. Skobelev D. O. Building the infrastructure for transforming Russian industry towards better resource efficiency and environmental performance // Procedia Environmental Science, Engineering and Management. 2021. Vol. 8, № 2. P. 483–493.
23. Roslyakov P. V., Cherkasskii E. V., Guseva T. V. [et al.]. Process-Related Standardization of Thermal Electric Power Facilities: The Best Available Techniques and General Binding Rules // Thermal Engineering. 2021. Vol. 68, № 10. P. 735–742. doi:10.1134/S0040601521100050
24. Kaplan R. S., Norton D. P. Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System // Harvard Business Review. 1996. № 1. P. 365.
25. Saaty T. L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process // Interfaces. 1994. Vol. 24, № 6. P. 19–43.
26. Гамидуллаева Л. А., Толстых Т. О., Шмелева Н. В. Промышленные и территориальные экосистемы в контексте устойчивого развития : монография. Пенза : Изд-во ПГУ, 2022. 160 с.

27. Johnson-Kanda I., Yawson R. M. Complex Adaptive Leadership for Organization and Human Development // *Proceedings of the 55th Annual Eastern Academy of Management Conference* (Providence, RI, USA, 2–5 May 2018). P. 1–14,19.
28. 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. С. 29–48.
29. Толстых Т. О., Гамидуллаева Л. А., Шмелева Н. В. Методические аспекты формирования портфеля проектов в инновационной экосистеме // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. 2020. № 1. С. 5–23.
30. Grumadaite K., Jucevičius G. Strategic Approaches to the Development of Complex Organisational Ecosystems: The Case of Lithuanian Clusters // *Sustainability*. 2022. Vol. 14. P. 15697. doi:10.3390/su142315697
31. Stanczyk S. Organisational ecosystem and stakeholders view. In search of epistemological logic in management // *International Journal of Economics and Business Research*. 2017. Vol. 14. P. 268–283.
32. Cîndea I. Complex systems-new conceptual tools for international relations // *Perspectives*. 2006. Vol. 14. P. 46–70.
33. Гамидуллаева Л. А. Промышленный кластер региона как локализованная экосистема: роль факторов самоорганизации и коллаборации // *π-Economy*. 2023. Т. 16, № 1. С. 62–82. doi:10.18721/JE.16105

References

1. Porter M., Delgado M., Ketels C., Stern S. Moving to a New Global Competitiveness Index. *The Global Competitiveness Report 2008–2009*. World Economic Forum. Geneva, 2008:43–63.
2. Mason K., Spring M. The sites and practices of business models. *Industrial Marketing Management*. 2011;40:1032–1041.
3. Coombes P.H., Nicholson J.D. Business models and their relationship with marketing: A systematic literature review. *Industrial Marketing Management*. 2013;42:656–664.
4. Miles R.E., Snow C.C. Causes of failure in network organizations. *California Management Review*. 1992;34(4):53–72.
5. Kloth C., Applegate B. Inter-Organization Collaboration & Partnerships: A Critical Analysis. *OD Network Annual Conference*. 2004. Available at: <https://ru.scribd.com/document/156397997/Inter-organization-Collaboration-and-Partnerships-A-Critical-Analysis> (accessed 28.01.2022).
6. Prokhorova V.V., Anopchenko T.U., Chernikova V.E. et al. Formation and development of industrial clusters in the socioeconomic regional system. *Espacios*. 2018;39.
7. Tolstykh T., Shmeleva N., Gamidullaeva L. Evaluation of Circular and Integration Potentials of Innovation Ecosystems for Industrial Sustainability. *Sustainability*. 2020;12:4574. doi:10.3390/su12114574
8. Gray B. *Collaborating: Finding Common Ground for Multiparty Problems*. San Francisco: Jossey-Bass, 1989:358.
9. Hickman G.R. *Leading Organizations Perspectives for a New Era Third Edition*. University of Richmond, 2015:808.
10. Azevedo J., Ferreira I., Dias R. et al. Industrial Symbiosis Implementation Potential – An Applied Assessment Tool for Companies. *Sustainability*. 2021;13:1420. doi:10.3390/su13031420
11. Haq H., Välisuo P., Niemi S. Modelling Sustainable Industrial Symbiosis. *Energies*. 2021;14:1172. doi:10.3390/en14041172
12. Castellet-Viciano L., Hernandez-Chover V., Bellver-Domingo Á., Hernandez-Sancho F. Industrial Symbiosis: A Mechanism to Guarantee the Implementation of Circular Economy Practices. *Sustainability*. 2022;14(23):15872. doi:10.3390/su142315872

13. Cioca L.-I., Ciomoş A.-O., Şeitoar D. et al. Industrial Symbiosis through the Use of Biosolids as Fertilizer in Romanian Agriculture. *Recycling*. 2021;6:59. doi:10.3390/recycling6030059
14. Haller H., Fagerholm A.-S., Carlsson P. et al. Towards a Resilient and Resource-Efficient Local Food System Based on Industrial Symbiosis in Härnösand: A Swedish Case Study. *Sustainability*. 2022;14:2197. doi:10.3390/su14042197
15. Haq H., Välisuo P., Niemi S. Modelling Sustainable Industrial Symbiosis. *Energies*. 2021;14:1172. doi:10.3390/en14041172
16. Chertow M.R. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*. 2000;25:313–337.
17. Tolstykh T., Shmeleva N., Gamidullaeva L. Elaboration of a Mechanism for Sustainable Enterprise Development in Innovation Ecosystems. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2020;6(4):95. doi:10.3390/joitmc6040095
18. Tolstykh T., Gamidullaeva L., Shmeleva N. Approach to the Formation of an Innovation Portfolio in Industrial Ecosystems Based on the Life Cycle Concept. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2020;6:151. doi:10.3390/joitmc604015
19. Gamidullaeva L., Shmeleva N., Tolstykh T., Shmatko A. Assessment Approach to Circular Business Models within an Industrial Ecosystem for Sustainable Territorial Development. *Sustainability*. 2022;14(2):704.
20. Gamidullaeva L., Tolstykh T., Bystrov A. et al. Cross-sectoral digital platform as a tool for innovation ecosystem development. *Sustainability*. 2021;13:11686.
21. Branca T.A., Fornai B., Colla V. et al. Skills Demand in Energy Intensive Industries Targeting Industrial Symbiosis and Energy Efficiency. *Sustainability*. 2022;14:15615. doi:10.3390/su142315615
22. Skobelev D.O. Building the infrastructure for transforming Russian industry towards better resource efficiency and environmental performance. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2021;8(2):483–493.
23. Roslyakov P.V., Cherkasskii E.V., Guseva T.V. et al. Process-Related Standardization of Thermal Electric Power Facilities: The Best Available Techniques and General Binding Rules. *Thermal Engineering*. 2021;68(10):735–742. doi:10.1134/S0040601521100050
24. Kaplan R.S., Norton D.P. Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. *Harvard Business Review*. 1996;(1):365.
25. Saaty T.L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *Interfaces*. 1994;24(6):19–43.
26. Gamidullaeva L.A., Tolstykh T.O., Shmeleva N.V. *Promyshlennyye i territorial'nye ekosistemy v kontekste ustoychivogo razvitiya: monografiya = Industrial and territorial ecosystems in the context of sustainable development : monograph*. Penza: Izd-vo PGU, 2022:160. (In Russ.)
27. Johnson-Kanda I., Yawson R.M. Complex Adaptive Leadership for Organization and Human Development. *Proceedings of the 55th Annual Eastern Academy of Management Conference (Providence, RI, USA, 2–5 May 2018)*. 2018:1–14,19.
28. Gamidullaeva L.A., Tolstykh T.O., Shmeleva N.V. Methodology of complex assessment of industrial ecosystem potential in the context of sustainable development of the region. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve = Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2020;(2):29–48. (In Russ.)
29. Tolstykh T.O., Gamidullaeva L.A., Shmeleva N.V. Methodological aspects of project portfolio formation in the innovation ecosystem. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve = Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2020;(1):5–23. (In Russ.)
30. Grumadaite K., Jucevičius G. Strategic Approaches to the Development of Complex Organisational Ecosystems: The Case of Lithuanian Clusters. *Sustainability*. 2022;14:15697. doi:10.3390/su142315697

31. Stanczyk S. Organisational ecosystem and stakeholders view. In search of epistemological logic in management. *International Journal of Economics and Business Research*. 2017;14:268–283.
32. Cindea I. Complex systems-new conceptual tools for international relations. *Perspectives*. 2006;14:46–70.
33. Gamidullaeva L.A. Industrial cluster of the region as a localized ecosystem: the role of factors of self-organization and collaboration. *π-Economy*. (In Russ.). 2023;16(1): 62–82. doi:10.18721/JE.16105

Данная статья является переводной версией статьи авторов, опубликованной в журнале Sustainability (Tolstykh T., Shmeleva N., Gamidullaeva L., Krasnobaeva V. The Role of Collaboration in the Development of Industrial Enterprises Integration // Sustainability. 2023. № 15. P. 7180. URL: <https://doi.org/10.3390/su15097180>).

Информация об авторах / Information about the authors

Татьяна Олеговна Толстых

доктор экономических наук,
профессор кафедры индустриальной
стратегии,
Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС»
(Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, 4)
E-mail: tt400@mail.ru

Tatyana O. Tolstykh

Doctor of economical sciences,
professor of the sub-department
of industrial strategy,
National Research Technological University
"MISIS"
(4 Leninsky avenue, Moscow, Russia)

Надежда Васильевна Шмелева

кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры индустриальной
стратегии,
Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС»
(Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, 4)
E-mail: nshmeleva@isis.ru

Nadezhda V. Shmeleva

Candidate of economical sciences,
associate professor, associate professor
of the sub-department of industrial strategy,
National Research Technological University
"MISIS"
(4 Leninsky avenue, Moscow, Russia)

Лейла Айваровна Гамидуллаева

доктор экономических наук,
заведующий кафедрой маркетинга,
коммерции и сферы обслуживания,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: gamidullaeva@gmail.com

Leyla A. Gamidullaeva

Doctor of economical sciences,
head of the sub-department of marketing,
commerce and service sector,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Виктория Сергеевна Краснобаева

ассистент,
Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС»
(Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, 4)
E-mail: krasnobaeva.viktoria@gmail.com

Viktoriya S. Krasnobaeva

Assistant,
National Research Technological University
"MISIS"
(4 Leninsky avenue, Moscow, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 01.12.2022

Поступила после рецензирования/Revised 25.12.2022

Принята к публикации/Accepted 29.12.2022