

**Аннотация.** Рассматривается концепция промышленных инновационных экосистем (ПИЭ) как наиболее сложная и перспективная форма организации инновационной и производственной деятельности в условиях Индустрии 5.0 и 6.0. Проведен сравнительный анализ инновационных кластеров, сетей и экосистем в контексте промышленного развития, а также сделаны выводы об их взаимосвязях и развитии. Исследование опирается на модель пятизвенной спирали инноваций с интеграцией искусственного интеллекта, принципы и особенности промышленного симбиоза, что позволяет охарактеризовать современные условия и факторы для формирования ПИЭ. По результатам проведенного анализа отдельных лучших зарубежных практик (Дания, Китай, Япония, Финляндия) определены ключевые подходы к построению ПИЭ и перспективы их применения в Республике Беларусь. Отмечается, что экосистемный подход к реализации промышленной политики способен обеспечить большую гибкость, устойчивость и конкурентоспособность организаций.

**Ключевые слова:**

промышленные инновационные экосистемы, промышленный симбиоз, инновационные кластеры, инновационные сети, цифровая трансформация, пятизвенная спираль инноваций, экосистемный подход, экосистемные взаимодействия.

**Для цитирования:** Жуковская О. Промышленные инновационные экосистемы: концепция, модели формирования и потенциал развития // Наука и инновации. 2026. №9. С. 29–35.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-09-29-35>

# Промышленные инновационные экосистемы:

## концепция, модели формирования и потенциал развития

УДК 338.45:004++316.42+330.342

**Ольга Жуковская,**  
заведующий кафедрой социально-  
трудовых отношений Белорусского  
государственного университета,  
кандидат экономических наук, доцент;  
[oyzhukovskaya@gmail.com](mailto:oyzhukovskaya@gmail.com)



В настоящее время происходит все большее усложнение и ускорение социально-экономических процессов, что проявляется в объединении технологий, социума и окружающей среды, а также в увеличении числа факторов, оказывающих влияние на инновационное и промышленное развитие в целом. Так, в сфере производства произошел переход от техноцентрической Индустрии 4.0, связанной с автономными киберфизическими системами (CPS), цифровизацией, умным производством и Интернетом вещей, к человекоцентрической Индустрии 5.0, реализующейся в сетях, кластерах и, главным образом, инновационных экосистемах различной специфики. Ориентированность на человека «имеет целью вернуть интересы людей в производственный процесс» [1], а среди основных технологий выделяются: коллаборативные роботы (коботы); умные датчики; цифровые двойники; Интернет всего (IoE) и искусственный интеллект вещей (AIoT); блокчейн; граничные и туманные вычисления (Edge and Fog Computing); когнитивные вычисления; 6G; дополненная реальность (AR), смешанная реальность (MR) и голография [1]. Становятся все более значимыми и технологии искусственного интеллекта (ИИ), которые в парадигме Индустрии 6.0 уже пронизывают практически все сферы.

Таким образом, создаваемая среда все более усложняется, что может быть описано «пятизвенной спиралью инноваций плюс ИИ» [2], включающей не только сферу науки и образования (генерации знаний), органы государственной власти и управления, бизнес-сообщество, социум и природную среду, но также ИИ как ключевую технологию и основной акселератор инновационных процессов [2]. Стремление к преобразованию промышленных систем в промышленные экосистемы, имитируя биологические экосистемы посредством замкнутого цикла мышления, включая обмен материалами и каскадное распределение энергии [3, 4], является важной тенденцией современного развития. Интернет вещей, данные и аналитика (в целом, технологии Индустрии 4.0) обеспечивают эффективность материальных потоков и промышленного симбиоза в контексте циркулярной экономики. В то же время Индустрия 5.0 добавляет социальное измерение, а технологии Индустрии 6.0 еще больше расширяют возможности концепции промышленных экосистем.

Экосистемная парадигма характеризуется преодолением барьеров инновационного развития [5] на основе новых организационно-экономических моделей в различных областях; при этом устойчивость промышленных экосистем рассматривается через призму рационального симбиоза участников – государства, бизнеса, науки и общества [6], а также природной среды, то есть, по существу, модели пятикратной спирали инноваций. Ключевыми инструментами данного комплексного подхода можно

назвать цифровизацию, государственное регулирование, инновационные сети и адаптивные бизнес-модели, которые позволяют минимизировать внешние угрозы и обеспечить устойчивое развитие отрасли [6]. Основным механизмом его реализации становится цифровая трансформация.

Экосистемное взаимодействие снижает технологические и экономические, а также инновационные риски, повышая устойчивость промышленности к кризисным явлениям, способствуя формированию единого цифрового пространства; при этом самоорганизация и симбиотические отношения между участниками могут увеличивать сопротивляемость внешним изменениям [6, 7].

Итак, промышленные экосистемы реализуются через модель деятельности, при которой предприятия, рассматриваемые подобно совокупности организмов в природной экосистеме, обмениваются ресурсами с целью создания циклической среды, где «отходы» одного производства становятся «сырьем» для другого [8]; в основе лежит промышленный симбиоз, характеризующийся устойчивостью, циркулярностью, системностью и экоэффективностью. При этом все больше таких структур концентрируется не только на материальных потоках, но и новых продуктах, процессах, подходах, механизмах и технологиях, что содействует росту их инновационности.

Промышленный симбиоз особенно важен для стран, не имеющих большого количества собственных ресурсов, а также малых экономик. Например, в Финляндии существует система Finnish Industrial Symbiosis System (FISS) [9], которая содействует появлению новых возможностей бизнеса,

а также позволяет повторно использовать отходы и сократить расходы природных ресурсов.

Промышленные инновационные экосистемы, таким образом, представляют собой сообщество различных организаций, объединенных на основе синтеза экосистемных взаимодействий, современных подходов к технологическому и инновационному развитию, а также организации промышленной деятельности.

К основным преимуществам ПИЭ можно отнести: рост эффективности использования ресурсов, человеческого и социального капитала, «наличие синергетического эффекта, более высокие производительность и темпы экономического роста, достижение целей устойчивого развития, повышение инвестиционной и инновационной активности» [10], что создает потенциал для увеличения инновационности; при этом проблемными аспектами могут стать оппортунистическое поведение участников, значительная дифференциация в ресурсном обеспечении, целях и принципах принятия решений, стремление к установлению иерархических связей [10], сложность координации и построения.

В целом ПИЭ, наряду с сетевыми взаимодействиями и кластерами в промышленности, являются усложненной организационно-экономической формой деятельности, обеспечивающей рост инновационных показателей (табл. 1).

Инновационные сети представляют собой гибкий и адаптивный механизм коллаборации, ориентированный на достижение целей проекта и рост сотрудничества в конкретной области. Н.В. Смородинская рассматривала экосистемный подход в тесной взаимосвязи с кластерным и сетевым, отмечая,

что «кластерно-сетевые структуры – гораздо более гибкие, чем модель иерархии, и одновременно более интегрированные, чем модель рынка» [13].

Инновационные кластеры – достаточно устойчивые формализованные структуры, основанные главным образом на географической концентрации и отраслевой специализации, что, однако, может ограничивать их способность быстро адаптироваться к технологическим изменениям. В этой связи экосистем-

ный подход представляет собой наиболее сложную, масштабную и комплексную форму организации инновационной деятельности, способную к созданию большей ценности на основе междисциплинарных взаимосвязей.

Кластеры могут являться основой для инновационных экосистем, механизмом формирования которых в таком случае становятся открытые и совместно используемые онлайн-платформы, построенные на основе цифровой инфраструктуры, позволя-

ющей всем заинтересованным сторонам – государственным учреждениям, гражданам, частному сектору, неправительственным организациям и научным учреждениям – подключаться и взаимодействовать в режиме реального времени [12, 14].

Таким образом, сети и кластеры – это особые пространства с более высокой инновационной интенсивностью вследствие лучших возможностей, роста числа транзакций и доступных ресурсов, а также инновационной среды.

| Критерий сравнения                                         | Сети                                                                                                                                                                                                     | Кластеры                                                                                                                                                                                                | Экосистемы                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цели                                                       | Прикладной характер задач: разработка новых продуктов, обмен знаниями и технологиями, снижение издержек, доступ к благам и др.                                                                           | Рост конкурентоспособности (за счет синергии), стимулирование реализации инновационного развития на мезоуровне, привлечение ресурсов и инвестиций в регионы                                             | Достижение единой миссии участников, решение сложных масштабных, повторяющихся задач                                                                                                                |
| Динамичность, гибкость, открытость                         | Высокая динамичность и гибкость, открытость в рамках реализации конкретного проекта                                                                                                                      | Низкие возможности для маневренности, ограниченная гибкость, динамичность и открытость                                                                                                                  | Максимальные динамичность, гибкость и открытость                                                                                                                                                    |
| Функции                                                    | Координация совместных проектов, обмен неявными и кодифицированными знаниями, создание благоприятных условий для участников                                                                              | Координация, кооперация, создание специализированной инфраструктуры и платформ, продвижение общих интересов                                                                                             | Формирование устойчивой среды для непрерывного инновационного развития                                                                                                                              |
| Территория                                                 | Нет четкой территории, внегеографический характер взаимодействий                                                                                                                                         | Локализация, географическая привязка (регион, город и др.)                                                                                                                                              | Трансграничный характер, могут реализовываться как в физическом, так и виртуальном пространстве                                                                                                     |
| Среда                                                      | Целевая, достаточно открытая, доверительная                                                                                                                                                              | Конкурентная, достаточно открытая, доверительная, основанная на общих интересах и длительных взаимодействиях                                                                                            | Открытая, конкурентная, доверительная, предпринимательская, основанная на создании нового и объединении различных подходов                                                                          |
| Инновации                                                  | Фокус на решении конкретных общих задач – следовательно, инкрементальные инновации                                                                                                                       | Особое значение придается не только совместным продуктовым, но и процессным, организационным инновациям                                                                                                 | Системные, продуктовые, процессные, организационные, радикальные инновации; новые бизнес-модели; мультиотраслевые инновации и междисциплинарные решения                                             |
| Организационная структура                                  | Горизонтальная, гибкая, проектно-ориентированная, носит адаптационный характер                                                                                                                           | Высокая степень формализации и устойчивости, иерархичность: наличие координирующего органа (управляющая компания, кластерная ассоциация), распределение ролей, разработанные механизмы принятия решений | Оркестраторы, партнеры, участники; высокая степень адаптивности и способности к развитию                                                                                                            |
| Участники                                                  | Широкий круг участников (компании, эксперты, представители правительственных организаций и др.), обладающих необходимыми компетенциями, ресурсами или знаниями для достижения цели функционирования сети | Координационный совет, кластерная ассоциация, фирмы одной или смежных отраслей, местные органы власти, инвесторы, финансовые институты и др.                                                            | Широкий и способный к изменениям круг участников: потребители, университеты, венчурные фонды, инфраструктурные организации и др.; могут заниматься неродственными видами экономической деятельности |
| Самоорганизация, саморегуляция, особенности взаимодействия | Высокий уровень самоорганизации, временный, неформальный проектно-ориентированный характер взаимодействий, договорные отношения, взаимный контроль                                                       | Умеренный уровень самоорганизации, стабильный формализованный, основанный на географической близости характер взаимодействий                                                                            | Максимальный уровень самоорганизации, рыночные механизмы, социальные нормы, репутация, нелинейный и многомерный характер взаимодействий                                                             |
| Модель                                                     | Формирование «снизу», децентрализация                                                                                                                                                                    | Формирование «сверху» или «снизу», координирующий орган                                                                                                                                                 | Многоуровневый, циркулярный, глобальный и межотраслевой характер; формируются платформы для совместного взаимодействия                                                                              |

Таблица 1. Сравнение инновационных сетей, кластеров и экосистем в контексте промышленного развития

Источник: разработано автором по [1, 11, 12]

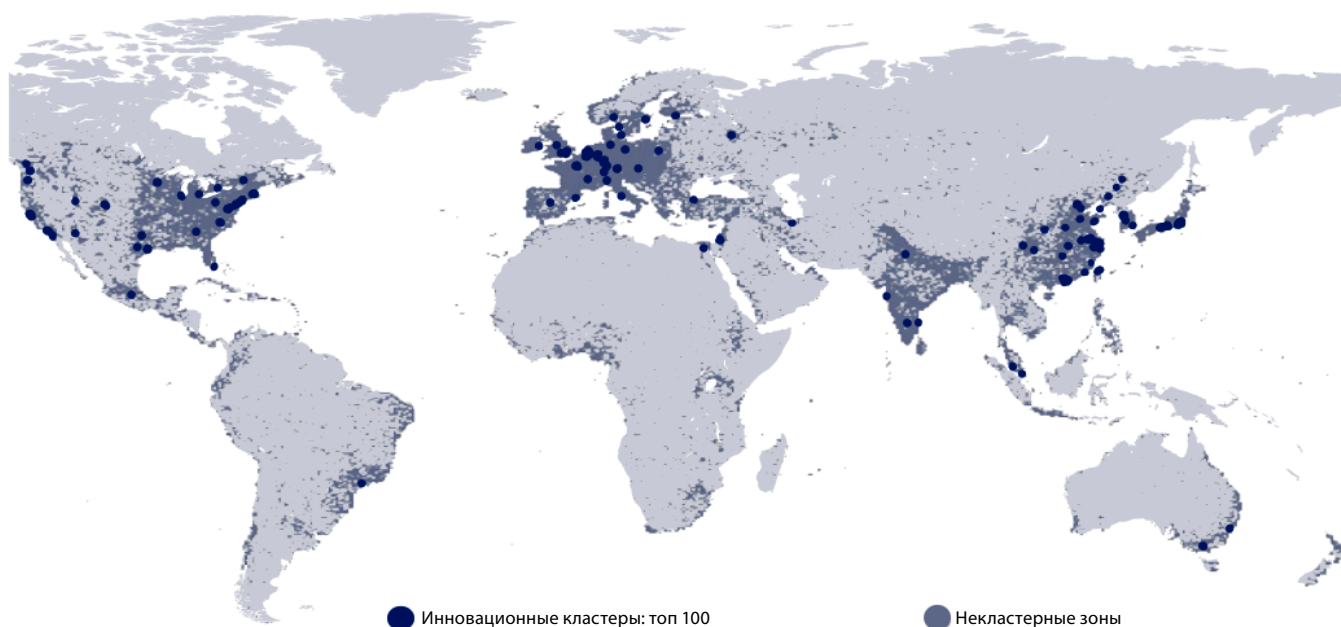


Рис. 1. Географическое распределение инновационных кластеров. Источник: [15]

Указанные условия более благоприятны для компаний, формирующих экосистемы: зачастую они «точечно вырастают» на базе кластеров. В этой связи оценить общие условия и потенциал для организации и функционирования ПИЭ можно на основе данных о развитии кластеров в разных странах.

Прежде всего отметим, что процессы кластеризации происходят крайне неравномерно (рис. 1): особое значение имеют демографические, природно-географические факторы, наличие транспортной и информационно-коммуникационной инфраструктуры и др. Общая ситуация отображена в рейтинге «100 лучших кластеров Глобального индекса инноваций» за 2025 г., рассчитываемого на основе трех основных показателей (патентные заявки, опубликованные научные статьи и сделки с участием венчурного капитала [15]), что выявляет области, где наблюдается высокая концентрация изобретателей, исследователей

и/или венчурной деятельности. Таким образом, предпосылки для возникновения инновационных экосистем часто выходят за пределы административных границ, охватывая мегаполисы, межрегиональные сети и трансграничные коридоры. При этом 100 ведущих инновационных кластеров генерируют в совокупности примерно 70% глобальных патентных заявок и сделок венчурного капитала, а также обеспечивают около половины всех научных публикаций в мире; на счету 10 наиболее успешных кластеров около 40% международных патентных заявок, 35% сделок с участием венчурного капитала и более 15% глобального объема научных публикаций [15] (табл. 2).

Отметим, что лидеры имеют в своем составе и лучшие научно-исследовательские учреждения, университеты, а также пользуются государственной поддержкой. Можно сделать вывод, что модель тройной спирали инноваций лежит в основе успешности кластеров, тем не менее, в современ-

ных условиях для формирования экосистем нужен более широкий набор условий, охватывающий не только расширенную модель пятикратной спирали инноваций (дополненную социальной и природной средой), но и потенциал общей сетевой активности и инновационного развития, а также новейшие технологии (главным образом ИИ).

В то время как более традиционный подход сосредоточивается на инкрементальных (улучшающих) инновациях, многие современные вызовы требуют иной формы – инноваций, изменяющих системы, а не просто их компоненты, – то есть системных инноваций. Так, по мере перехода от индустриальных подходов к цифровой трансформации все чаще возникает необходимость изменений организационно-экономических отношений на основе экосистемных принципов.

Инновации системного типа в промышленности реализуются, например, в формировании осо-

бой модели организации деятельности, основанной, прежде всего, на циркулярности, экоэффективности и системности. Предприятия обмениваются ресурсами, снижая нагрузку на окружающую среду и свои издержки, могут демонстрировать лучшие результаты от совместной работы, а широкий круг участников (потребители, органы власти и управления и др.) получает значимые преимущества. Такие экосистемы носят относительно замкнутый, безотходный характер, максимально приближаясь к природным циклам, где отходы или избыточные мощности одного производства становятся сырьем для другого.

Один из самых известных примеров в данной сфере – симбиоз Калуннборг [16] в Дании, где частные и государственные компании взаимодействуют при обмене ресурсами, повышая при этом инновационность членов сообщества. Среди ключевых его участ-

ников – электростанция (Ørsted), нефтеперерабатывающий завод (Statoil/Equinor), фармацевтические и биотехнологические компании (Novo Nordisk, Novozymes/Novonesis), производитель гипсокартона (Saint-Gobain Gyproc), городская администрация, фермеры (рис. 2).

Данная модель представляет собой естественное эволюционное формирование ПИЭ «снизу вверх», начатое еще в 1960-х гг. В результате преимущества получают не только непосредственные участники экосистемы (путем, например, снижения затрат на сырье и утилизацию, продажи новых продуктов, повышения устойчивости), но и регион в целом (появление новых рабочих мест, сокращение отходов, укрепление государственно-частного партнерства и др.).

Среди ПИЭ, созданных «сверху», по инициативе органов государственного управления, выделяется Националь-

ный пилотный промышленный парк циркулярной экономики в Гуйюе (КНР), специализирующийся на переработке электронных отходов, что особенно важно, поскольку Китай является крупнейшим в мире их генератором: к 2040 г. прогнозируется их рост до 28 млрд т (в сравнении с 14 млрд т в 2020 г.) [17, 18]. Собирая этот тип отходов со всего мира, извлекая из них ценные материалы (золото, серебро, медь, палладий, редкоземельные металлы, пластик, стекло) и поставляя обратно для выпуска новой электроники, город Гуйю, ранее считавшийся одной из самых загрязненных точек на планете, превращается в высокотехнологичный хаб с замкнутым циклом промышленного производства.

Существует и комбинированная модель ПИЭ – государственно-частное партнерство – проект японского экологического города Кавасаки [19]. Данная ПИЭ

| Позиция | Название кластера              | Страна                  | Ведущий участник / патентный заявитель        | Ведущая научная организация                | Доля в глобальном объеме публикаций, % | Доля в глобальном объеме патентных заявок, % | Доля венчурных сделок в глобальном масштабе, % |
|---------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1       | Шэньчжэнь – Гонконг – Гуанчжоу | КНР                     | Huawei                                        | Университет Сунь Ятсена                    | 2,4                                    | 9,0                                          | 2,9                                            |
| 2       | Токио – Йокогама               | Япония                  | Mitsubishi Electric                           | Токийский университет                      | 1,4                                    | 10,3                                         | 2,2                                            |
| 3       | Сан-Хосе – Сан-Франциско       | США                     | Google                                        | Стэнфордский университет                   | 0,7                                    | 3,9                                          | 6,9                                            |
| 4       | Пекин                          | КНР                     | BOE Technology                                | Университет Цинхуа                         | 4,0                                    | 3,8                                          | 2,9                                            |
| 5       | Сеул                           | Республика Корея        | Samsung Electronics                           | Сеульский национальный университет         | 1,7                                    | 5,4                                          | 3,1                                            |
| 6       | Шанхай – Сучжоу                | КНР                     | Университет Сучжоу                            | Шанхайский университет Цзяотун             | 2,5                                    | 3,3                                          | 3,7                                            |
| 7       | Нью-Йорк                       | США                     | IBM                                           | Колумбийский университет                   | 0,9                                    | 1,0                                          | 4,8                                            |
| 8       | Лондон                         | Соединенное Королевство | Nicoventures Trading                          | Университетский колледж Лондона            | 0,7                                    | 0,5                                          | 4,4                                            |
| 9       | Бостон – Кембридж              | США                     | Массачусетский технологический институт (MIT) | Гарвардская медицинская школа              | 0,9                                    | 1,5                                          | 2,0                                            |
| 10      | Лос-Анджелес                   | США                     | SNAP                                          | Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе | 0,5                                    | 0,9                                          | 2,5                                            |

Таблица 2. Основные характеристики 10 ведущих инновационных кластеров мира. Источник: составлено автором по [15]

(формируется с 1980-х гг.), включающая производителей стали и солнечных панелей, цементные заводы, переработчиков пластика, исследовательские центры и других заинтересованных участников (правительственные организации, компании), позволила создать экологически развитый и высокотехнологичный город.

В современных условиях особое значение имеет улучшение взаимодействия субъектов в режиме реального времени с применением цифровых технологий. Пример проекта, для управления которым используется цифровая платформа, – финский промышленный симбиоз FISS, запущенный инновационным фондом Sitra [20]. В целях реализации такого подхода, например, создана платформа Materiaalitori.fi для профессионального обмена

побочными продуктами различных компаний. Участники вносят данные о своих ресурсных потоках (отходах, побочных продуктах, избыточной энергии и др.) в общую онлайн-систему. Данные анализируются и автоматически находятся наилучшие совпадения между поставщиком отходов и их потребителем с учетом логистической и экономической целесообразности. Повышение прозрачности, скорости и эффективности поиска новых возможностей делает всю систему гибкой и динамичной.

Итак, идеальной модели экосистемы для всех не существует – успех зависит от доступных ресурсов, особенностей законодательства, отраслей, готовности компаний, а также заинтересованных сторон к сотрудничеству. Тем не менее приведенные примеры демонстрируют, что

этот подход может работать в разных культурах и масштабах – от спонтанного симбиоза в Дании до государственных инициатив в Китае и Японии, а также цифровых решений в Финляндии.

В Республике Беларусь как стране с малой открытой экономикой целесообразно дальнейшее углубление и развитие промышленности с учетом экосистемного подхода; при этом можно выбрать модель «сверху вниз» в силу недостаточной развитости механизмов самоорганизации субъектов, а также с учетом культурно-исторических особенностей.

Экосистемные взаимодействия могут стать основой новой промышленной политики, обеспечивая при этом гибкость, устойчивость и конкурентоспособность участников. Однако формирование ПИЭ в любой отрасли требует комплексного

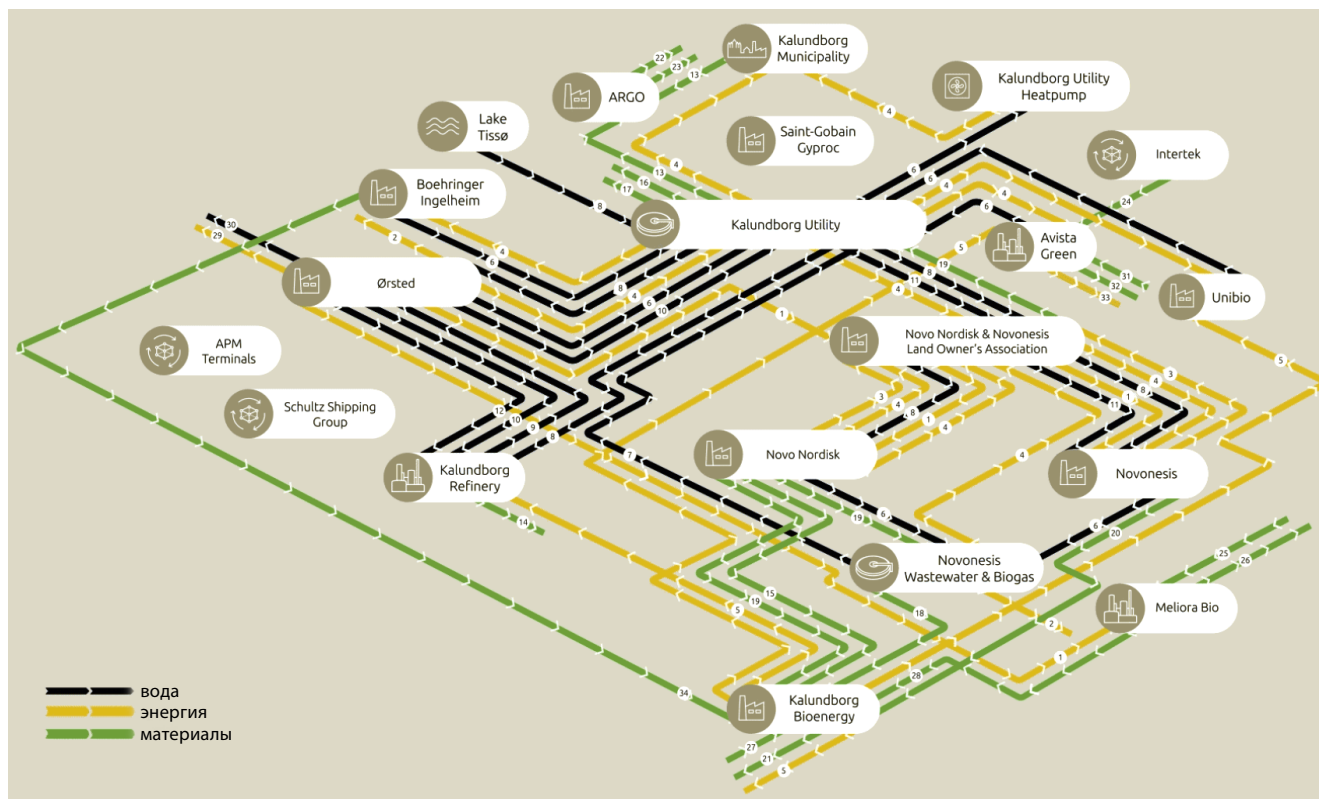


Рис. 2. Промышленная инновационная экосистема Калуннборг. Источник: [16]

подхода, терпения и готовности к экспериментам. Это не линейный процесс, а скорее «выращивание» сложной социально-экономической системы в тесной взаимосвязи со «спиралями» инноваций, то есть фактически их взаимопроникновение. При этом важны как «жесткие» (материальные), так и «мягкие» факторы: культура, доверие, общие ценности, открытость, готовность к коллаборации и др.

Для развития ПИЭ в Беларуси особую первоначальную роль играют созданные институционально-правовые условия. Концепция ПИЭ соответствует поставленным в нашей стране стратегическим целям внедрения принципов циркулярной экономики в производственные процессы, а также необходимости реализации современных механизмов инновационного развития, основанных на принципах устойчивости.

В республике имеются перспективы для формирования и развития ПИЭ, в том числе на основе существующих кластеров и симбиоза предприятий (например, в рамках свободных экономических зон). Однако необходим комплексный подход с учетом направлений инновационного развития, международного опыта, углубления цифровой трансформации, а также использования новейших технологий и информационных платформ. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Промышленные платформы и экосистемы: монография / под ред. В.В. Акбердиной. – Екатеринбург, 2024.
2. Carayannis E.G. Toward industry 6.0 and society 6.0: the quintuple innovation helix with embedded AI modalities as enabler of public interest technologies strategic technology management and road-mapping / E.G. Carayannis, T. Posselt, S. Preissler // IEEE Transactions on Engineering Management. 2024. Vol. 71. P. 11238–11252.

■ **Summary.** The concept of industrial innovation ecosystems (IIEs) is examined as the most complex and promising form of organizing innovation and production activities under the conditions of Industry 5.0 and 6.0. The comparative analysis of innovation clusters, networks, and ecosystems is conducted in the context of industrial development, based on which the conclusions are drawn regarding their interrelationships and development. The research is grounded in the quintuple helix innovation model integrated with artificial intelligence, as well as the principles and features of industrial symbiosis, which makes it possible to characterize the contemporary conditions and factors for the formation of IIEs. Based on the results of the selected best foreign practices analysis (Denmark, China, Japan, and Finland), some key approaches to building IIEs and the prospects for their application in the Republic of Belarus are identified. It is noted that the ecosystem approach to implementing industrial policy is capable of ensuring greater flexibility, resilience, and competitiveness of organizations.

■ **Keywords:** industrial innovation ecosystems, industrial symbiosis, innovation clusters, innovation networks, digital transformation, quintuple innovation helix, ecosystem approach, ecosystem interactions.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-09-29-35>

3. Järvenpää A.-M. Industrial symbiosis, circular economy and Industry 4.0 – a case study in Finland / A.-M. Järvenpää, V. Salminen, J. Kantola // Management and Production Engineering Review. 2012. Vol. 12, №4. P. 111–121.
4. Li X. Industrial ecology and industry symbiosis for environmental sustainability – definitions, frameworks and applications // Industrial ecology and industry symbiosis for environmental sustainability // <https://shura.shu.ac.uk/18212/>.
5. Чернова О.А. Экосистемный подход к управлению процессами инновационного развития промышленности / О.А. Чернова, Л.Г. Матвеева, Г.В. Горелова // Journal of New Economy. 2021. №2. С. 44–64.
6. Степченко О.С. Разработка экосистемной основы экономической безопасности промышленности / О.С. Степченко // Вестник ТОГУ. 2025. №3(78). С. 97–104.
7. Ковальчук Ю.А. Управление промышленными экосистемами в едином цифровом пространстве / Ю.А. Ковальчук, И.М. Степнов // Проблемы рыночной экономики. 2022. №3. С. 107–121.
8. Дорожко С. В. Промышленный симбиоз и новые возможности для энерго- и ресурсосбережения предприятий / С.В. Дорожко, А.М. Шушкевич // Бизнес. Образование. Экономика. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 1–2 апр. 2021 г.: сб. ст. / редкол.: В.В. Манкевич [и др.]. – Мн., 2021. С. 39–43.
9. FISS – Finnish Industrial Symbiosis System // Interreg Europe // <https://www.interregeurope.eu/good-practices/fiss-finnish-industrial-symbiosis-system>.
10. Волкова Ю.А. Экосистемный подход к управлению развитием промышленных организаций / Ю.А. Волкова // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19 мая 2023 г. / Бел. гос. эконом. ун-т. – Мн., 2023. С. 134.
11. Титова Н.Ю. Различия и сходства понятий «промышленные кластеры» и «промышленные экосистемы» / Н.Ю. Титова, В.Е. Зиглина // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия: Экономика. 2021. №3. С. 7–16.
12. Жуковская О.Ю. Цифровые платформы как основа ведения бизнеса / О.Ю. Жуковская // Наука и инновации. 2024. №8. С. 4–10.
13. Смородинская Н.В. Сетевые инновационные экосистемы и их роль в динамизации экономического роста / Н.В. Смородинская // Инновации. 2014. №7 (189). С. 27–33.
14. The new economy's global digital platform power index 2023: enabling the new national economic pillar // DinarStandard: growth strategy research and advisory // [https://2feea378-8f71-46c9-9424-36229a900f86.usrfiles.com/ugd/2feea3\\_b69dbe6fa1ea49548d3768008b168446.pdf](https://2feea378-8f71-46c9-9424-36229a900f86.usrfiles.com/ugd/2feea3_b69dbe6fa1ea49548d3768008b168446.pdf).
15. Global innovation index 2025: ranking of world's top 100 innovation clusters // <https://www.wipo.int/documents/d/global-innovation-index/docs/en-2025-gii-2025-clusters-top100-ranking.pdf>.
16. Our ambitions. Partners. The ecosystem behind Kalundborg Symbiosis // Kalundborg Symbiosis // <https://www.symbiosis.dk/en/>.
17. Zeng X. Mapping anthropogenic mineral generation in China and its implications for a circular economy / X. Zeng, S.H. Ali, J.Tian, J. Li // Nature Communications. 2020. №11 (1544). P. 1–9.
18. Schneider A.F. Investigations into the transition toward an established e-waste management system in China: empirical evidence from Guang-dong and Shaanxi / A.F. Schneider, X. Zeng // Current Research in Environmental Sustainability. 2022. Vol. 4: 100195. P. 1–10.
19. An eco-town where resources are reused and recycled // Public Relations Office. Government of Japan // [https://www.gov-online.go.jp/eng/publicity/book/hlj/html/202008/202008\\_02\\_en.html](https://www.gov-online.go.jp/eng/publicity/book/hlj/html/202008/202008_02_en.html).
20. Industrial symbiosis // Sitra // <https://www.sitra.fi/en/dictionary/industrial-symbiosis/>.

Статья поступила в редакцию  
12.06.2026 г.