

# Управление инновациями Innovations management

Научная статья

УДК 316.422.44

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17106>



## ФОРСАЙТ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭНВИРОНИКЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

С.П. Кирильчук<sup>1</sup> , И.А. Морозова<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,  
Симферополь, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Волгоградский государственный технический университет,  
г. Волгоград, Российская Федерация

✉ [skir12@yandex.ru](mailto:skir12@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье раскрыты такие актуальные проблемы и сферы энвироники, как современные процессы взаимодействия производства с окружающей средой; повышение устойчивости экологического влияния производственных процессов и инновационных способов этого влияния. Акцентированы причины необходимости исследований в области энвироники на основе экономического и экологического эффектов, технологического прогресса, социального аспекта. Цель исследования: выявление и отражение актуальных направлений в области форсайта инновационных процессов в энвиронике производственных систем; представление циклического экономического механизма инноваций и разработка графической модели форсайт-инноваций в энвиронике с описанием ее компонент, информационных потоков, нарратива основных этапов моделирования. Графическое моделирование прогнозирования прорывных инноваций в энвиронике производственных систем с описанием нарратива прогнозирования этапов форсайта инноваций произведено на основе информационной базы длительного временного лага отечественных и зарубежных изысканий в области энвироники, методов анализа данных об инновациях, их влиянии на производство и окружающую среду. Результаты. Отражены результативные инновационные процессы в энвиронике: технологии очистки выбросов; интеграция энвироники в производственные процессы; цифровизация и автоматизация; повышение энергоэффективности. Приведены примеры возможного использования в производственной практике Российской Федерации прорывных инноваций в энвиронике: смарт-города; возобновляемая энергия; интеллектуальные системы управления отходами; умные здания; экологический мониторинг; инновации в области водопользования. Описан экономический механизм инноваций в энвиронике производственных систем и факторы создания цифровой модели прогнозирования форсайта инноваций. Практическая ценность полученных результатов заключается в акцентном привлечении научного сообщества к острым насущным проблемам экологической эффективности инновационных процессов энвироники. Выводы содержат поэтапный нарратив разработанной графической модели, демонстрирующей взаимосвязи между различными аспектами форсайт-инноваций в энвиронике – от исследований и разработок до технологических решений и конечных продуктов и услуг, которая также отражает важность обратной связи и потоков знаний и технологий для улучшения и совершенствования инновационных процессов. Дальнейшие исследования могут быть направлены на развитие сотрудничества между правительством, бизнесом и обществом для успешной реализации потенциала энвироники и вложения инвестиций в эффективные инновационные производственно-экологические разработки.

**Ключевые слова:** энвироника, инновационные процессы, форсайт, производственные системы, прорывные инновации, графическая модель, нарратив прогнозирования

**Для цитирования:** Кирильчук С.П., Морозова И.А. (2024) Форсайт инновационных процессов в энвиронике производственных систем. П-Economy, 17 (1), 88–102. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17106>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17106>

## FORESIGHT OF INNOVATIVE PROCESSES IN THE ENVIRONICS OF PRODUCTION SYSTEMS

S.P. Kirilchuk<sup>1</sup>  , I.A. Morozova<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation;

<sup>2</sup> Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

 [skir12@yandex.ru](mailto:skir12@yandex.ru)

**Abstract.** The article reveals such urgent problems and areas of environmentalism as modern processes of interaction between production and the environment; increasing the sustainability of the environmental impact of production processes and innovative ways of this influence. The reasons for the need for research in the field of environics based on economic and environmental effects, technological progress, and social aspects are emphasized. The purpose of the study: to identify and reflect current trends in the field of foresight of innovative processes in the environics of production systems; to present the cyclical economic mechanism of innovation and develop a graphical model of foresight innovation in environics with a description of its components, information flows, narrative of the main stages of modeling. Graphical modeling of forecasting breakthrough innovations in the environics of production systems with a description of the narrative of forecasting the stages of foresight of innovations is based on the database of a long-time lag of domestic and foreign research in the field of environics, methods of analyzing data on innovations, their impact on production and the environment. Results. Effective innovative processes in environics are reflected: emission purification technologies; integration of environics into production processes; digitalization and automation; energy efficiency improvement. Examples of possible use of breakthrough innovations in the field of environics in the industrial practice of the Russian Federation are given: smart cities; renewable energy; intelligent waste management systems; smart buildings; environmental monitoring; innovations in the field of water use. The economic mechanism of innovation in the environics of production systems and the factors of creating a digital model for forecasting the foresight of innovation are described. The practical value of the results obtained lies in the accentuated involvement of the scientific community into the acute pressing problems of the environmental efficiency of innovative processes in environics. The conclusions contain a step-by-step narrative of the developed graphical model demonstrating the interrelationships between various aspects of foresight innovation in the environment: from research and development to technological solutions and end products and services, which also reflects the importance of feedback and flows of knowledge and technology to improve and optimize innovation processes. Further research can be aimed at developing cooperation between government, business and society in order to successfully realize the potential of environics and invest in effective innovative industrial and environmental developments.

**Keywords:** environics, innovative processes, foresight, production systems, breakthrough innovations, graphical model, forecasting narrative

**Citation:** Kirilchuk S.P., Morozova I.A. (2024) Foresight of innovative processes in the environics of production systems. *П-Economy*, 17 (1), 88–102. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17106>

### Введение

#### *Актуальность исследования*

Важной актуальной областью исследований и разработок, направленной на улучшение экологической эффективности и устойчивости хозяйственной системы, является энвироника производственных систем. Ключевую роль в этой области имеют инновационные разработки и проекты, поскольку при этом создаются новые научные подходы, трансфер технологий и решений проблем энвироники и улучшения качества окружающей среды. В данной статье предметом исследования будут некоторые из наиболее значимых инновационных процессов в энвиронике, оказывающих существенное влияние на производственные системы, а объектом исследования – наиболее значимые компоненты таких процессов.

Энвироникой называют науку о взаимодействии хозяйственных, производственных систем с окружающей природной средой. Предметом изучения энвироники является многоаспектность этого взаимодействия: влияния производственных процессов на окружающую природную среду, рычаги снижения вредного влияния, ухудшения климата, повышения экологической эффективности производства и инновационных хозяйственных процессов.

Взаимозависимость экономики от экологии проявляется в том, что экономическая деятельность осуществляется непременно при использовании естественных природных ресурсов и находится в прямом контакте с окружающей природной средой. Экономический рост и инновационное развитие могут вызвать истощение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и неблагоприятное изменение климата, что может повлечь основательные негативные экономические результаты в перспективе. Поэтому субъектная хозяйственная деятельность должна стремиться к устойчивости и осуществляться непременно с экологической эффективностью. Также региональная инновационная экономическая политика, нормативы и инструментарий носят экологическую сущность. К примеру, поддержка внедрения мероприятий по возобновляемым источникам энергии способствует снижению выбросов парниковых газов, сохранности природы, а такие экономические отношения, как производства и потребления, стимулируют активное использование природных ресурсов и предотвращение загрязнения окружающей среды.

Таким образом, экология и экономика тесно взаимосвязаны, и для достижения устойчивости в общественном развитии, необходимо развивать научные походы в двух аспектах. Использование инновационных экономически и экологически эффективных проектов и программ будет помогать сохранности природы и обеспечению региональной экологической устойчивости, а устойчивое экономическое возрастание приведет к повышению благополучия населения.

#### *Литературный обзор*

Исследованиями в области энвироники производственных систем активно занимаются зарубежные ученые и специалисты: Дж.П. Холман, М.Г. Перри и С.Р. Рагхаван [1], С.Э. Вендель и М.А. Венделл [2], Р. Чадха, Р. Чадха и П. Чадха [3], Д. Банерджи, С. Чакрабарти и А.К. Пал [4], М. Али, Н. Ануар, А.М. Юсофф [5], Ф. Астра, Г. Де Фео, А. Риццо [6], А. Кумар, А.К. Гупта [7] и другие.

В России также работает когорта ученых, занимающихся наукой об эффективном взаимодействии между природой и производственными инновациями – энвироникой. Ниже приведем сведения о некоторых из них:

– В. Кутман – «руководитель лаборатории энвироники и биотехники Института экологической физики Российской академии наук, профессор» [8].

– И. Зеленин – «руководитель проектов в области энвироники, член оргкомитета постоянно действующей конференции «Перспективные информационные технологии в управлении окружающей средой, доктор технических наук» [9].

– Д. Горбунов – «разработчик систем энвиронического контроля на ядерно-физических установках, заместитель директора по научной работе Объединенного института ядерных исследований» [10].

– А. Никитченко – «исследователь влияния городской среды на здоровье человека и разработчик мероприятий по их улучшению, руководитель лаборатории экологии мегаполиса Института проблем экологии и эволюции Российской академии наук, профессор» [11].

– Н. Куракина – «проводит комплексную оценку, мониторинг и анализ управления объектами на ГИС-основе, директор УНЦ «ГИС технологии» Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), доцент кафедры информационно-измерительных систем и технологий, кандидат технических наук, доцент» [12].

В этот список включены лишь некоторые из ученых, предметно исследующих вопросы производственной энвироники в России. Эта область науки активно развивается и привлекает все



больше специалистов (Бабкин А.В., Кобзев В.В., Скоробогатов А.С. [13, 14]; Калинина А.Э. [15]; Колушов В.Н. [16] и другие ученые) поскольку вопросы, предметом изучения которых является энвироника, в настоящее время являются чрезвычайно актуальными.

Объективная необходимость углубления исследования инноваций в энвиронике производственных систем объясняется следующими основаниями:

1. Экономическим эффектом. Можно получить значительный экономический эффект от инноваций в сфере энвироники, повысив показатели производительности и конкурентоспособности производства. Экономический эффект можно получить автоматизацией и роботизацией вредного производства, снижением затрат на материально-энергетические ресурсы, улучшением качества продукции и сокращением производственного цикла. Исследование инноваций в этой сфере показывает их оптимальное внедрение, эффект масштаба и оптимизацию достижения максимума экономической эффективности.

2. Экологическим эффектом. Инновационные технологические и организационные экологические процессы энвироники имеют позитивное воздействие на природную среду, уменьшают выбросы, отходы и загрязнения, связанные с производственными процессами.

3. Технологическим прогрессом. Чистые технологии энвироники способствуют сотворению инновационной продукции, работ, услуг и бизнес-моделей, открывающим расширенный потенциал и будущее для предприятий, отраслей, регионов.

4. Социальным аспектом. Инновационные процессы энвироники положительно влияют на общественное развитие, создают новые рабочие места, улучшают условия труда и качество жизни населения, создают комфорт и безопасность производства.

В целом форсайт инновационных процессов в энвиронике производственных систем исследует эффективность внедрения и использования инноваций на практике, методы и способы внедрения и масштабирования инноваций, а также позволяет разрабатывать стратегические перспективы, позволяющие предприятиям, отраслям и регионам наиболее эффективно применять и адаптировать продуктовые и технологические экологические инновации для повышения уровня их конкурентоспособности и устойчивости развития и экономического роста. Поэтому представим моделирование этих процессов.

#### *Цель исследования*

Цель исследования: выявление и отражение актуальных направлений в области форсайта инновационных процессов в энвиронике производственных систем; представление циклического экономического механизма инноваций и разработка графической модели форсайт-инноваций в энвиронике с описанием ее компонент, информационных потоков, нарратива основных этапов моделирования.

#### Задачи исследования:

1. Выявить и отразить актуальные направления в области форсайта инновационных процессов в энвиронике производственных систем.

2. Описать экономический механизм инноваций в энвиронике производственных систем как «систему инновационного цикла».

3. На основании исследований информационно-аналитической базы произвести графическое моделирование прогнозирования прорывных инноваций в энвиронике производственных систем и разработать графическую модель форсайт-инноваций в энвиронике.

4. Представить этапы форсайта инноваций производственной энвироники и нарратив их прогнозирования.

#### **Методы и материалы**

Для изучения форсайта инновационных процессов в энвиронике производственных систем рекомендуется широко использовать популярный научно-методический инструментарий.

В настоящем исследовании мы использовали методы анализа данных об инновациях и инновационных процессах энвироники, их воздействии на окружающую природную среду и результативность экологической эффективности производства, а также метод моделирования (создания модели) для прогнозирования форсайта инноваций и инновационных процессов энвироники.

### Результаты и обсуждение

О значимости научного обсуждения вопросов инновационного развития энвироники производственных систем свидетельствуют определенные обобщенные статистические данные экологического состояния окружающей среды за последние пять лет:

1. По углеродному следу: «в 2020 году уровень выбросов парниковых газов составлял около 36,4 миллиардов тонн CO<sub>2</sub>-эквивалента в год, что является самым высоким показателем за последние пять лет» [17].

2. В отношении растительного покрова: «расширилась площадь лесов, ведь многие страны программируют озеленение и посадку деревьев» [17].

3. О водных ресурсах: «около 25% всей пресной воды потребляется в сельском хозяйстве, а в некоторых регионах мира наблюдалось ухудшение доступа к чистой питьевой воде» [17].

4. Об отходах: «за последние пять лет общий объем мусора увеличился, однако, в ряде стран произошел сдвиг в сторону повышенной переработки отходов и внедрения устойчивых практик утилизации» [17].

5. В сфере энергетики: «в энергетической отрасли и в области нетрадиционных источников энергии за последние пять лет был отмечен рост доли возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, а также использование биомассы» [17].

Выше приведены лишь некоторые общие примеры статистических аналитических данных, но цифровые значения характерных эколого-экономических показателей различаются в разных регионах мира.

Так, ежегодно, начиная с 2006 года, Центр экологической политики и права Йельского университета (США) рассчитывает индекс экологической эффективности (Environmental Performance Index) и составляет рейтинг стран мира по этому индексу [18].

Исследования показывают эффективность экологической политики всех 180-ти стран мира в отношении соблюдения бережного отношения к природным ресурсам, норм чистоты окружающей среды и развития страновых экосистем, поскольку данный индекс включает 32 различных параметра, которые можно объединить в группы следующей направленности:

- жизнеспособности окружающей природной системы;
- сохранности флоры и фауны региона;
- проведение мероприятий по стабилизации климатических коллапсов;
- ведение здорового образа жизни и укрепление состояния здоровья населения страны;
- воздействие производственно-экономической и хозяйственной деятельности человека на природу страны;
- эффективное проведение протекционистской регулятивной политики государства на состояние экологии.

В таблице представим некоторые сравнительные данные по изменениям индекса экологической эффективности Российской Федерации и основных стран-партнеров по совместным экологическим проектам и программам (таблица).

Из данных таблицы следует, что за период с 2016 по 2022 г. абсолютно все величины индексов экологической эффективности в той или иной мере снизились, что свидетельствует об ухудшении состояния окружающей среды и экологической обстановки в целом в мире. В России снижение этого индекса произошло почти в половину, на 44,9 процентных пункта. Россия переместилась с 32-го на 112-е место в мире из 180 стран. Поэтому в последнее время Россия



**Таблица. Данные по изменениям индекса экологической эффективности Российской Федерации и стран-партнеров по совместным экологическим проектам и программам за период с 2016 по 2022 гг.**

**Table. Data on changes in the environmental performance index of the Russian Federation and partner countries on joint environmental projects and programs for the period from 2020 to 2022**

Страна / country	Индексы по годам/ Indexes by year				Место в рейтинге с 2020 по 2022 гг. / Place in the ranking from 2020 to 2022		
	2016	2022	+ (-)	%	2016	2022	+ (-)
Россия	83,52	37,5	-46,02	44,90	32	112	-80
Беларусь	82,30	48,5	-34,10	58,93	35	55	-20
Германия	84,26	62,4	-24,86	74,06	30	13	+17
Финляндия	90,68	76,5	-14,18	84,37	1	3	-2
Китай	65,10	28,4	-36,70	43,63	109	160	-51
Норвегия	86,90	59,3	-27,60	68,24	17	20	-3
Швеция	90,43	72,7	-17,73	80,40	3	5	-2
Франция	88,20	62,5	-25,70	70,87	10	12	-2
Япония	80,59	57,2	-23,39	70,98	39	25	+14
Индия	53,58	18,9	-34,68	35,28	141	180	-39
Казахстан	73,29	40,9	-32,39	55,81	69	93	-24
Узбекистан	63,67	38,2	-25,47	60,0	118	107	+11
Монголия	64,39	29,6	-34,79	45,97	114	155	-41
Турция	67,88	26,3	-41,58	38,75	99	172	-73
Объединенные Арабские Эмираты	69,35	52,4	-16,95	75,56	92	39	+53
Египет	66,45	35,5	-30,95	53,43	104	127	-23
Южная Африка	70,52	37,2	-33,32	52,75	81	116	-35
Кения	62,49	30,8	-31,69	49,29	123	148	-25
Нигерия	58,27	28,3	-29,97	48,57	133	162	-29
Марокко	74,18	28,4	-45,78	38,29	64	160	-96

*Источник:* составлено авторами по официальным данным Рейтинга стран мира по Индексу экологической эффективности. Гуманитарный портал. URL: <https://gtmarket.ru/ratings/environmental-performance-index>

*Source:* compiled by the authors according to the official data of the Countries' wealth and environmental performance done by the Environmental Efficiency Index. Humanitarian portal. URL: <https://gtmarket.ru/ratings/environmental-performance-index>

наращивает количество экологических проектов и программ со многими странами-партнерами Евразии:

- с Германией Россия сотрудничает в области экологического образования, а также в сфере энергоэффективности;
- с Финляндией ведется совместная работа по охране окружающей природы в Балтийском регионе;
- Россия и Китай сотрудничают в вопросах очистки отходов, защите водных ресурсов и воздушного пространства;
- Россия сотрудничает с Норвегией в сфере утилизации отходов и обеспечения экологической безопасности в Арктике;

- Россия и Швеция имеют сотрудничество в экологическом строительстве, а также в вопросах мониторинга и сохранности природных ресурсов;
- с Францией имеются разработки проектов в сфере энергетики, возобновляемых источников энергии и защиты биоразнообразия;
- с Японией развиваются деловые отношения, связанные с устойчивым развитием, вопросами биотехнологий и зеленой экономики;
- аспекты сотрудничества с Индией включают аспекты охраны естественной природной среды, возобновление экосистемы, чистые технологии;
- охраной и восстановлением Каспийского моря, контролем захоронения отходов занимается Россия с Казахстаном;
- Россия и Узбекистан занимаются использованием водных ресурсов, борьбой с загрязнением почвы и воды, регулированием отходов;
- Россия и Монголия решают совместно проблемы пустынь и песчаных бурь, борьбу с загрязнением воздуха и воды;
- Россия сотрудничает с ОАЭ в области экологии, поддерживая диалог и обмен опытом, совместные исследования и зеленые инициативы, уделяя особое внимание проблемам устранения загрязнений и охране водных ресурсов.

Также Россия сотрудничает с различными странами Африки по вопросам экологии. Так, с Египтом реализуются экологические проекты по сохранению редких видов животных и проблем водных ресурсов; с Южной Африкой разрабатываются программы управления природными ресурсами по вопросам биоразнообразия в связи с изменениями климата; с Кенией ведется сотрудничество в сельском и лесном хозяйствах; в Нигерии решаются проблемы защиты окружающей среды; с Марокко заключаются договора в вопросах энергии, воды и управления отходами.

Следует отметить, что приведенные в таблице страны представляют собой неполный список государств мира, с которыми Россия сотрудничает в области эффективной экологии. Это лишь некоторые примеры стран-партнеров России по экологическим проектам и программам, и список может быть дополнен другими странами в зависимости от специфических проектов и приоритетов. Сотрудничество может включать различные области, такие как устойчивое эколого-экономическое развитие; охрана и приумножение природных ресурсов и управление ими; исследования по регулированию изменения климатических условий жизни и их влияния на здоровье человека; производственно-экологическую безопасность и экологическую экспертизу и другие аспекты.

Наиболее результативные инновационные экологические процессы в современной энвайронике производственных систем, на наш взгляд, включают:

- технологии очистки выбросов;
- интеграцию энвайроники в производственные процессы;
- цифровизацию и автоматизацию;
- повышение энергоэффективности.

Рассмотрим описанные инновационные направления более детально.

Технологии очистки выбросов [12]. Технологии очистки выбросов являются одним из основных направлений инноваций в энвайронике. Они включают в себя различные методы фильтрации, абсорбции, адсорбции и других процессов, направленных на удаление вредных веществ из промышленных выбросов. Одним из примеров таких технологий является использование катализаторов, которые позволяют эффективно очищать выбросы от вредных газов, таких как диоксид серы и оксиды азота.

Интеграция энвайроники в производственные процессы [9]. Интеграция энвайроники в производство является еще одним важным направлением инноваций. Это включает в себя разработку новых подходов к проектированию и управлению производственными системами,



которые учитывают экологические аспекты и требования. Примерами таких инноваций могут быть использование возобновляемых источников энергии, оптимизация энергопотребления и использование экологически чистых материалов.

Цифровизация и автоматизация [13, 15, 16]. Цифровизация и автоматизация также играют важную роль в инновациях в энвиронике. Эти технологии позволяют контролировать и оптимизировать производственные процессы, а также осуществлять мониторинг и анализ выбросов и других экологических параметров. Примером такой инновации является использование IoT-технологий для мониторинга состояния окружающей среды и контроля выбросов в реальном времени.

Повышение энергоэффективности [8]. Повышение энергоэффективности также является одним из ключевых направлений инноваций в области энвироники. Это включает разработку новых технологий и подходов для снижения энергопотребления, таких как использование инновационных систем отопления и охлаждения, а также разработка новых, более эффективных источников энергии.

Поскольку энвироника — это наука, которая объединяет знания о окружающей среде и технологий для ее улучшения и защиты, ниже приведем некоторые прорывные инновации в области энвироники:

1. Смарт-города: развитие технологий интернета вещей и датчиков позволяет создавать интегрированные городские системы, которые контролируют и управляют ресурсами, например, энергией и водой, чтобы повысить эффективность и улучшить качество жизни горожан [19].

2. Возобновляемая энергия: продвижение возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветряная энергия, является важной инновацией в энвиронике. Это позволяет снизить загрязнение воздуха и сократить зависимость от источников энергии, таких как нефть и газ [20].

3. Разработка интеллектуальных систем управления отходами: новые технологии позволяют лучше управлять и оптимизировать процессы сбора, сортировки, переработки и утилизации отходов. Интеллектуальные контейнеры для сбора мусора, определение количества и типов отходов, автоматизированные системы сортировки и переработки могут значительно сократить объем отходов и снизить негативное влияние на окружающую среду [21].

4. Умные здания: внедрение «умных» технологий в здания позволяет эффективнее использовать ресурсы, такие как энергия и вода. Автоматизация освещения, отопления, кондиционирования и управление энергопотреблением помогают снизить нагрузку на энергетические системы и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду [19].

5. Экологический мониторинг: развитие датчиков и сенсорных технологий позволяет наблюдать и контролировать состояние окружающей среды, такой как качество воздуха, водоемов и почвы. Это помогает прогнозировать и предотвращать экологические катастрофы, а также принимать меры для защиты окружающей среды [22].

6. Инновации в области водопользования: разработка новых технологий очистки воды и оптимизация систем водоснабжения и водоотведения позволяет улучшить качество питьевой воды и снизить потребление этого ресурса [22].

Все перечисленные инновации в энвиронике направлены на достижение устойчивого развития регионов и более эффективного использования ресурсов, с целью защиты окружающей природной среды и улучшения качества жизни.

Примерами использования прорывных инноваций энвироники в производственных системах, уже используемых в Российской Федерации, могут служить:

1. Разработка и производство инновационных измерительных систем для энергетического мониторинга, которые позволяют оптимизировать потребление энергии в промышленности и жилых зданиях. Это позволяет снизить энергопотребление и уменьшить вредные выбросы в окружающую среду.



2. Создание и внедрение автоматизированных систем управления и контроля качества воздуха в помещениях. Это инновационные решения, которые позволяют мониторить уровень загрязнения воздуха и принимать меры для его очистки, с целью повышения комфорта и здоровья людей.

3. Разработка и производство инновационных медицинских устройств, таких как носимые электрокардиографы, биосенсоры для мониторинга здоровья и интеллектуальные системы поддержки принятия решений в медицине. Эти инновации помогают улучшить диагностику и лечение заболеваний.

4. Создание инновационных систем безопасности, основанных на использовании искусственного интеллекта и анализе видео. Эти системы позволяют автоматически обнаруживать и предупреждать о возможных угрозах, таких как взломы, кражи или пожары.

5. Разработка и внедрение инновационных систем умного дома, которые позволяют автоматизировать управление освещением, отоплением, системой безопасности и другими устройствами, с целью повышения комфорта и энергоэффективности жилых помещений.

На основе представленного материала, экономический механизм инноваций в энвиронике производственных систем можно описать как циклическую систему управления и оптимизации использования ресурсов, направленную на снижение негативного воздействия на окружающую среду и повышение общей эффективности производства в масштабировании инноваций с получением синергетического эффекта [23]. Этот механизм может включать в себя различные инструменты и методы, такие как экологический аудит, сертификация, налоги на загрязнение, субсидирование экологически чистых технологий и многое другое. Представим экономический механизм инноваций в энвиронике производственных систем как «систему инновационного цикла» (рис. 1).

Для создания цифровой модели прогнозирования результатов инноваций в энвиронике необходимо учитывать множество факторов, к примеру, тип инновации, ее воздействие на окружающую среду, экономические и социальные последствия, риски, связанные с ее внедрением. Например, создаются модели, анализирующие показатели различных технологических процессов по предельно допустимым концентрациям выбросов и загрязнения воздушно-водного пространства, оптимизацию затрат на их внедрение. Такие модели могут содержать контент количества грязных выбросов, величин показателей эффективности чистых технологий и затрат на их внедрение, учитывать содержательные региональные характеристики и законодательные нормы и нормативы.

В результате функционирования таких цифровых моделей прогнозируется изменение уровней загрязнения и затрат на снижение в зависимости от выбора технологии очистки. В целом создание цифровых моделей прогнозирования энвироники усложнено, поскольку требуются специализированные знания и опыт [24, 25].

Также необходимо учитывать системный подход в построении модели. К примеру, из опыта моделирования в промышленности региона, «разработанная модель промышленной политики региона основывается на следующих принципах системного подхода: целостности, ограниченной коммуникативности, ограниченной интегративности, эффективности региональной промышленной политики, эквивинальности и цикличности промышленной политики» [26, с. 31]. Таким образом, прослеживается тесная взаимосвязь и взаимовлияние промышленной политики и процессов в энвиронике производственных систем, особенно, в части инноваций.

В данной же статье мы представим графическую модель форсайт-инноваций в энвиронике (рис. 2) и ее нарратив.

### **Заключение**

Обобщим и отразим основные полученные в статье результаты:

1. В исследовании отражены выявленные актуальные направления в области форсайта инновационных процессов в энвиронике производственных систем:



Рис. 1. Экономический механизм инноваций в энвиронике производственных систем как система инновационного цикла

Fig. 1. The economic mechanism of enviro-innovation in the production systems as an innovation cycle system

Источник: составлено авторами по официальным данным Всемирного конгресса по Биотехнологии.

URL: <https://biotechnologycongress.conferenceseries.com/events-list/environmental-biotechnology/>

Source: compiled by the authors according to the official data of the World Congress on Biotechnology.

URL: <https://biotechnologycongress.conferenceseries.com/events-list/environmental-biotechnology/>

- технологии очистки промышленных выбросов;
- интеграция энвироники в производственные процессы посредством учета экологических аспектов и требований;
- цифровизация и автоматизация контроля и оптимизации производственных процессов;
- повышение энергоэффективности с разработкой новых подходов к снижению энергопотребления и поиску новых, более эффективных источников энергии.

2. Описан экономический механизм инноваций в энвиронике производственных систем как «система инновационного цикла», включающая следующие циклические составляющие:

- научного сообщества (консалтинговой системы; информационного обеспечения; правовой поддержки);
- инновационного «лифта» (научных идей; стартапов; быстрого роста; масштабирования);
- коммерциализацию инноваций (финансовую систему; организационную и производственную инфраструктуру; систему подготовки кадров);
- инструменты и методы внедрения экологических инноваций (экологический аудит; сертификацию; налоги на загрязнение; субсидирование экологически чистых технологий и др.).

Экономический механизм инноваций в энвиронике производственных систем как «система инновационного цикла» представляет собой систему управления и оптимизации использования ресурсов, направленную на снижение негативного воздействия на окружающую среду и повышение общей эффективности производства.

3. На основании исследований информационно-аналитической базы нами произведено графическое моделирование прогнозирования прорывных инноваций в энвиронике производственных систем и разработана графическая модель форсайт-инноваций в энвиронике.



Рис. 2. Графическая модель форсайт-инноваций в энвиронике

Fig. 2. Graphical model of foresight innovations in enviroinformatics

Источник: составлено авторами по официальным данным XIV Международного форума «Экология».

URL: <https://forumeco.ru/conf2023/index.php>

Source: compiled by the authors according to official data of the XIV International Forum "Ecology".

URL: <https://forumeco.ru/conf2023/index.php>

Следует отметить, что прогнозирование и моделирование инновационного развития процессов производственной энвироники является сложной научной задачей, поскольку она включает в себя множество различных аспектов и зависимость от многообразия факторов. В разработанной модели форсайт-инноваций в энвиронике эти структурные элементы представлены в виде центрального стратегического апекса и периферийных функциональных узлов и компонент модели.

Разработанная графическая модель демонстрирует взаимосвязи между различными аспектами форсайт-инноваций в энвиронике - от исследований и разработок (академических и научных, открытых исследований и инноваций), посредством потоков знаний и технологий, до технологических решений (сенсорные технологии; интеллектуальные системы управления; аналитика данных и искусственный интеллект) и конечных продуктов и услуг (платформы для сбора и анализа данных; системы энергосбережения и управления ресурсами; устройства для мониторинга и анализа окружающей среды). Модель также отражает важность обратной связи и потоков знаний и технологий для улучшения и совершенствования инновационных процессов.

4. На основе проведенного исследования, возможно выделить основные этапы моделирования, которые оказывают влияние на форсайт в области инновационных процессов в энвиронике и представить их нарратив:

1. Возрастающий интерес в обществе к экологическим решениям. Развитие производственной энвироники стимулирует повышенное внимание общества к экологическим проблемам, таким, как неблагоприятные изменения климата, загрязнения природы, бережное расходование ресурсов. Во многих странах мира активно внедряются решения, направленные на повышение индекса экологической эффективности окружающей среды.

2. Технологические инновации. Повышению возможностей энвироники будут способствовать чистые технологии искусственного интеллекта, интернета вещей, беспроводных сенсорных сетей и облачных вычислений. Цифровые платформенные технологии собирают, обрабатывают и анализируют большие данные, помогающие мониторингу и управлению окружающей средой.

3. Умные города. Развитие умных городов является одним из ключевых направлений формирования современных городских локаций. Инновационные экологические технологии построения



умного города основываются на применении продвинутых информационно-коммуникационных технологий при создании интеллектуальной инфраструктуры городского хозяйства, систем управления энерго- и водоснабжения, управления отходами и логистикой транспортных маршрутов, кадровыми системами, повышая устойчивость, комфортность и совокупное здоровье населения в таких городских образованиях в региональном масштабе.

4. Повышение уровня энергоэффективности. Развитие энергосберегающих производственных процессов в энвиронике имеет существенную значимость для создания экологически чистых и высоко эффективных энергосистем и энерготехнологий, что явно уменьшит отрицательные последствия в окружающей среде и сэкономит запасы всех видов энергии.

#### Направления дальнейших исследований

Несмотря на то, что точный прогноз и детальный нарратив форсайта энвироники представить сложно, можно с уверенностью утверждать, что эта сфера получит дальнейшее развитие и будет иметь определяющее значение в решении экологических проблем и достижении устойчивого общественного развития. Необходимо осуществлять большее количество инвестиций в исследования и разработки, а также развивать сотрудничество между правительством, бизнесом и обществом для успешной реализации потенциала энвироники. Для достижения максимальной эффективности инноваций энвироники необходимо их комплексное применение и скорейшая интеграция в производственные и общественные процессы.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Holman J.P., Perri M.G., Raghavan S.R. (2006) *Environmental Engineering*. 2<sup>nd</sup> Edition. CRC Press.
2. Wendel S.E., Wendell M.A. (2011) *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 3<sup>rd</sup> Edition. McGraw-Hill.
3. Chadha R., Chadha R. and P. Chadha. (2016) *Handbook of Environmental Engineering*. CRC Press. Taylor & Francis Group.
4. Banerjee D., Chakrabarti S., Pal A.K. (2018) *Sustainable Environmental Engineering Systems*. Elsevier.
5. Ali M., Anuar N., Yusoff A.M. et al. (2020) *Emerging Technologies in Environmental Engineering*. Springer.
6. Castri F., De Feo G., Rizzo A. (2021) *Environmental Engineering and Innovation*. Elsevier.
7. Kumar A., Gupta A.K. (2019) *Environmental Nanotechnology: Applications and Impacts*. Elsevier. Academic Press.
8. Кутман В.П. (2005) *Энвироника: способы измерения и оценки факторов внешней среды*. Москва. Издательство «Наука».
9. Зеленин И.Г. (2010) Анализ проблем в области энвироники и их решения. *Научные исследования*. 25 (3), 45–52.
10. Горбунов Д.С., Рубаков В.А. (2022) *Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва*. 3-е изд. Москва. ЛЕНАНД, 616.
11. Никитченко А.С. (2015) Применение информационно-коммуникационных технологий в энвиронике. *Вычислительные системы и сети*, 47 (2), 78–85.
12. Куракина Н.И., Мышко Р.А. (2021) Моделирование загрязнения атмосферного воздуха промышленными объектами в технологии геоинформационных систем. *Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*, 5, 21–27.
13. Кобзев В.В., Бабкин А.В., Скоробогатов А.С. (2022) Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях новой реальности. *π-Economy*, 15 (5), 7–27. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15501>
14. Babkin A., Shkarupeta E., Tashenova L. et al. (2023) Framework for assessing the sustainability of ESG performance in industrial cluster ecosystems in a circular economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9 (2), 100071. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100071>
15. Калинина А.Э. (2019) Конкуренция в цифровую эпоху: поиск ответов на стратегические вызовы для России (по материалам XVIII международной научно-практической конференции

«Конкурентоспособная Россия: форсайт-модель экономического и правового развития в цифровую эпоху»). *Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика*. 21 (4), 6–10. DOI: <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2019.4.1>

16. Колушов В.Н. (2021) Цифровизация как драйвер развития отрасли обращения с отходами. *Твердые бытовые отходы*, 12, 48–52.

17. Экология 2023 (2023). *XIV Международный форум «Экология»*. Москва, 5-6 июня 2023 г. [online] Available at: <https://forumeco.ru/conf2023/index.php>. [Accessed 25.12.2023]

18. Рейтинг стран мира по Индексу экологической эффективности (2023). *Гуманитарный портал*. [online] Available at: <https://gtmarket.ru/ratings/environmental-performance-index>. [online] Available at: 25.12.2023]

19. Volkov S.K., Morozova I.A., Gladkaya E.A. [et al.] (2023) The smart city concept in Russia: problems of transition and humanization of the digital environment from the perspective of the quality of public administration. *International Journal for Quality Research*. 17 (2), 387–404. DOI: <https://doi.org/10.24874/IJQR17.02-06>

20. Inshakova E.I., Inshakova A.O., Kachalov R.M. (2020) Russian and Eurasian technology platforms: Progress and challenges in accelerating the neo-industrialization processes. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 110, 31–40. DOI: [10.1007/978-3-030-45913-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-45913-0_4)

21. Glukhov V., Kharitonova N., Kharitonova E. et al. (2021) Development of Integrated Logistics Systems of Russian Large Metallurgical Companies in the Context of Digitalization. *XIV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2021”. Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry*, 1, 656–664. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3\\_73](https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3_73)

22. Vasilieva Z.A., Filimonenko I.V., Rusina A.N. (2022) Development of a Roadmap for the Formation of Clusters of Professional Competencies in Spatial Zones of “Accelerated Development” of the Region. *Business 4.0 as a Subject of the Digital Economy*. Cham: Springer, 285–289. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90324-4\\_46](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90324-4_46)

23. *27<sup>th</sup> World Congress on Biotechnology, December 15-16, 2023 Amsterdam, Netherlands. CME/CPD Available {Theme: Exploration of the latest applications in the field of Biotechnology}* [online] Available at: 26.12.2023]

24. Bukhvald E.M., Chernykh A.A., Pochkin E.O. (2022) Skills Development in a Green Economy. Towards an Increased Security: Green Innovations, Intellectual Property Protection and Information Security: *Conference proceedings*, Switzerland: Springer, 817–824. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-93155-1\\_88](https://doi.org/10.1007/978-3-030-93155-1_88)

25. Kirilchuk S.P., Simchenko N.A., Burkaltseva D.D. et al. (2023) Structural organizational and economic mechanism for managing the labor potential of the enterprise. *E3S Web of Conferences: XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023), Russia: EDP Sciences*, 431, 07022. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343107022>

26. Бабкин А.В., Кудрявцева Т.Ю., Бахмутская А.В. (2011). Проблемы и направления формирования промышленной политики региона (на примере Санкт-Петербурга). *Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов*, 4 (70), 27–33.

## REFERENCES

1. Holman J.P., Perri M.G., Raghavan S.R. (2006) *Environmental Engineering*. 2<sup>nd</sup> Edition. CRC Press.
2. Wendel S.E., Wendell M.A. (2011) *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 3<sup>rd</sup> Edition. McGraw-Hill.
3. Chadha R., Chadha R. and P. Chadha. (2016) *Handbook of Environmental Engineering*. CRC Press. Taylor & Francis Group.
4. Banerjee D., Chakrabarti S., Pal A.K. (2018) *Sustainable Environmental Engineering Systems*. Elsevier.
5. Ali M., Anuar N., Yusoff A.M. et al. (2020) *Emerging Technologies in Environmental Engineering*. Springer.
6. Castri F., De Feo G., Rizzo A. (2021) *Environmental Engineering and Innovation*. Elsevier.
7. Kumar A., Gupta A.K. (2019) *Environmental Nanotechnology: Applications and Impacts*. Elsevier. Academic Press.





8. Kutman V.P. (2005) *Environika: sposoby izmereniya i otsenki faktorov vneshnei sredy*. Moskva. Izdatel'stvo «Nauka».
9. Zelenin I.G. (2010) Analiz problem v oblasti environiki i ikh resheniya. *Nauchnye issledovaniya*. 25 (3), 45–52.
10. Gorbunov D.S., Rubakov V.A. (2022) *Vvedenie v teoriyu rannei Vselennoi: Teoriya goryachego Bol'shogo vzryva*. 3-e izd. Moskva. LENAND, 616.
11. Nikitchenko A.S. (2015) Primenenie informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologii v environike. *Vychislitel'nye sistemy i seti*, 47 (2), 78–85.
12. Kurakina N.I., Myshko R.A. (2021) Modelirovanie zagryazneniya atmosfernogo vozdukh promyshlennymi ob'ektami v tekhnologii geoinformatsionnykh sistem. *Izvestiya SPbGETU «LETI»*, 5, 21–27.
13. Kobzev V.V., Babkin A.V., Skorobogatov A.S. (2022) Tsifrovaya transformatsiya promyshlennykh predpriyatii v usloviyakh novoi real'nosti.  *$\pi$ -Economy*, 15 (5), 7–27. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15501>
14. Babkin A., Shkarupeta E., Tashenova L. et al. (2023) Framework for assessing the sustainability of ESG performance in industrial cluster ecosystems in a circular economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9 (2), 100071. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100071>
15. Kalinina A.E. (2019) Konkurentsia v tsifrovuyu epokhu: poisk otvetov na strategicheskie vyzovy dlya Rossii (po materialam XVIII mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Konkurentosposobnaya Rossiya: forsait-model' ekonomicheskogo i pravovogo razvitiya v tsifrovuyu epokhu»). *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika*. 21 (4), 6–10. DOI: <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2019.4.1>
16. Kolushov V.N. (2021) Tsifrovizatsiya kak draiver razvitiya otrasli obrashcheniya s otkhodami. *Tverdye bytovye otkhody*, 12, 48–52.
17. Ekologiya 2023 (2023). *XIV Mezhdunarodnyi forum «Ekologiya»*. Moskva, 5-6 iyunya 2023 g. [online] Available at: <https://forumeco.ru/conf2023/index.php>. [Accessed: 25.12.2023]
18. Reiting stran mira po Indeksu ekologicheskoi effektivnosti (2023). *Gumanitarnyi portal*. [online] Available at: <https://gtmarket.ru/ratings/environmental-performance-index>. [Accessed: 25.12.2023]
19. Volkov S.K., Morozova I.A., Gladkaya E.A. [et al.] (2023) The smart city concept in Russia: problems of transition and humanization of the digital environment from the perspective of the quality of public administration. *International Journal for Quality Research*. 17 (2), 387–404. DOI: <https://doi.org/10.24874/IJQR17.02-06>
20. Inshakova E.I., Inshakova A.O., Kachalov R.M. (2020) Russian and Eurasian technology platforms: Progress and challenges in accelerating the neo-industrialization processes. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 110, 31–40. DOI: [10.1007/978-3-030-45913-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-45913-0_4)
21. Glukhov V., Kharitonova N., Kharitonova E. et al. (2021) Development of Integrated Logistics Systems of Russian Large Metallurgical Companies in the Context of Digitalization. *XIV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2021”. Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry*, 1, 656–664. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3\\_73](https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3_73)
22. Vasilieva Z.A., Filimonenko I.V., Rusina A.N. (2022) Development of a Roadmap for the Formation of Clusters of Professional Competencies in Spatial Zones of “Accelerated Development” of the Region. *Business 4.0 as a Subject of the Digital Economy*. Cham: Springer, 285–289. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90324-4\\_46](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90324-4_46)
23. *27<sup>th</sup> World Congress on Biotechnology, December 15-16, 2023 Amsterdam, Netherlands. CME/CPD Available {Theme: Exploration of the latest applications in the field of Biotechnology}* [online] Available at: 26.12.2023]
24. Bukhvald E.M., Chernykh A.A., Pochkin E.O. (2022) Skills Development in a Green Economy. Towards an Increased Security: Green Innovations, Intellectual Property Protection and Information Security: *Conference proceedings*, Switzerland: Springer, 817–824. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-93155-1\\_88](https://doi.org/10.1007/978-3-030-93155-1_88)
25. Kirilchuk S.P., Simchenko N.A., Burkaltseva D.D. et al. (2023) Structural organizational and economic mechanism for managing the labor potential of the enterprise. *E3S Web of Conferences : XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023), Russia: EDP Sciences*, 431, 07022. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343107022>
26. Babkin A.V., Kudryavtseva T.Yu., Bakhmutskaya A.V. (2011). Problemy i napravleniya formirovaniya promyshlennoi politiki regiona (na primere Sankt-Peterburga). *Izvestiya Sankt-Petersburgskogo universiteta ekonomiki i finansov*, 4 (70), 27–33.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS**

**КИРИЛЬЧУК Светлана Петровна**

E-mail: skir12@yandex.ru

**Svetlana P. KIRILCHUK**

E-mail: skir12@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6888-1981>

**МОРОЗОВА Ирина Анатольевна**

E-mail: morozovaira@list.ru

**Irina A. MOROZOVA**

E-mail: morozovaira@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0005-6933-1903>

*Поступила: 15.01.2024; Одобрена: 30.01.2024; Принята: 31.01.2024.*

*Submitted: 15.01.2024; Approved: 30.01.2024; Accepted: 31.01.2024.*