

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-1-4-12>

УДК 620.9. 502.33 332.012.2

ИЗУЧЕНИЕ ПОДХОДОВ ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН В ФОРСАЙТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ РАЗВИТИЯ НАУКИ И «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ С ЦЕЛЬЮ АДАПТАЦИИ ИХ ОПЫТА В КОНТЕКСТЕ КАЗАХСТАНА

Д. И. Бакранова^{1*}, А. С. Серикканов², А. С. Джумадильдаев², К. Е. Оразалиев²

¹ *Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан*

² *Национальная академия наук Республики Казахстан при Президенте Республики Казахстан, Алматы, Казахстан*

*E-mail для контактов: dinabakranova@gmail.com

В данной статье проведен обзор применения методов форсайта в сфере науки, особенно в разработке «зеленых» технологий в различных европейских странах с целью выявления наиболее подходящих подходов для их использования в Казахстане в будущем. Анализ показывает, что прогнозирование «зеленых» технологий обещает быть эффективным инструментом управления устойчивым развитием. Методы прогнозирования «зеленых» технологий ориентированы на системный подход и комплексные решения, учитывая окружающую среду и социальные аспекты. Важно также учитывать как глобальные, так и местные экологические проблемы, чтобы получить полное представление о будущих тенденциях развития. В статье приводится сравнение Голландского и Датского подходов. Форсайтные исследования в области «зеленых» технологий могут сыграть важную роль на национальном уровне, особенно при интеграции аспектов устойчивого развития в процессы разработки технологий и инноваций. Они также способствуют разработке более эффективных и устойчивых стратегий развития для компаний и правительства в Казахстане. Эти исследования способствуют повышению экологической осведомленности и осознанности в обществе относительно важности устойчивого развития. В ходе технологического прогнозирования ценится использование опросов Delphi, что способствует лучшему пониманию возможных тенденций будущего. Полученные знания являются основой для разработки стратегических планов в области «зеленых» технологий и обеспечения устойчивого развития энергетического сектора.

Ключевые слова: форсайтные исследования, «зеленые» технологии, возобновляемая энергетика, «зеленая» экономика, методы форсайтов.

ВВЕДЕНИЕ

Форсайтные исследования в области «зеленых» технологий приобретают стратегическое значение для выявления будущих тенденций и разработки стратегий, направленных на обеспечение устойчивого развития. В сфере «зеленых» технологий, становящейся все более значимой в контексте противостояния изменениям климата и ограниченности природных ресурсов, форсайтные исследования способны выявить потенциальные направления развития, а также возможности для инноваций и улучшений. Например, проекты, осуществляемые Европейской комиссией, активно исследуют проблемы, связанные с окружающей средой и устойчивостью [1–3]. Проекты, направленные на прогнозирование «зеленых» технологий, иллюстрируют, как процессы технологического прогнозирования могут быть адаптированы под конкретные цели и целевые группы. Исследования в рамках таких проектов охватывают множество аспектов, включая «зеленые» технологии, и их результаты используются для формирования планов действий на будущее. Эти проекты также фокусируются на предсказании технологических инноваций, связанных с окружающей средой, и их воздействии на будущие экологические и социальные сценарии. Исследования в рамках этих проектов помогают компаниям и организациям оценить, какие изменения в «зе-

леных» технологиях следует ожидать в ближайшие годы. Многие из таких проектов нацелены на разработку долгосрочных стратегий для устойчивого развития на глобальном уровне. Проводимые в рамках проектов исследования включают в себя анализ глобальных экологических тенденций, а также оценку перспектив развития «зеленых» технологий в различных регионах мира. Области, подверженные быстрым изменениям, такие как технологии, экономика, сельское хозяйство, энергетика и политика, часто полагаются на предсказания будущего для современного планирования и управления [2]. К примеру, представим сценарий, где медицинские специалисты могли бы предсказывать возможное возникновение сердечной недостаточности у человека и точное время, когда это могло произойти, что позволило бы провести неотложные меры заблаговременно. Аналогично, военные стратеги могли бы идентифицировать и предотвратить будущие военные конфликты. Хотя предвидение пандемии COVID-19 мировым правительством было бы чрезвычайно полезным, наука о форсайтах внесла свой вклад в управление мерами по борьбе с этой пандемией через сценарное планирование и моделирование эффективности общественно-защитных мер, таких как ношение масок и введение изоляции (локдауна). В зависимости от области и актуальных проблем, требующих решения, используются

разнообразные инструменты прогнозирования, такие как сканирование горизонтов, прогнозирование, сценарное планирование и статистическое моделирование [2]. Успешное применение научных методов прогнозирования в других областях делает этот подход привлекательным для решения экологических проблем [3]. Некоторые инструменты прогнозирования были использованы в контексте охраны природы и управления природными ресурсами. Однако наука о предвидении, как более обширная концепция, не получила широкого распространения, что подтверждается редким использованием данного термина в экологической литературе (рисунок 1).

В базе данных Web of Science был проведен поиск статей, содержащих фразу «форсайт-наука», с последующим уточнением по категории «Наука об окружающей среде». В статьях с 2010 года до 2022 года фраза встречалась менее чем в десяти публикациях в год [2]. Сегодня мы сталкиваемся с эскалацией кризисов биоразнообразия и климата, требующих долгосрочных решений. Антропогенные воздействия ускоряют природные процессы, создавая неопределенные угрозы, на которые необходимо быстро реагировать. Наука прогнозирования может ускорить и облегчить процесс принятия решений, предоставляя структуру и инструменты для систематизации сложных процессов принятия решений. Прогнозы также помогут в передаче передового опыта в области охраны природы и других экологических дисциплин. Использование науки прогнозирования позволяет готовиться к ожидаемым и неожиданным будущим условиям, основываясь на прогнозах для информирования природоохранных действий и способствуя сотрудничеству с заинтересованными сторонами [4]. Несмотря на преимущества науки прогнозирования, малое количество публикаций о форсайтах связано с определенными барьерами в их применении в науке. Для успешного внедрения науки прогнозирования в область охраны природы необходимо рассмотреть и

преодолеть выявленные препятствия. Барьеры можно классифицировать по трем категориям: доступность знаний, коммуникация и потенциал. Научные исследования в области охраны природы ведутся в академических кругах, правительственных учреждениях и неправительственных организациях, и преодоление каждого барьера требует уникальных решений в зависимости от ресурсов и власти каждого учреждения [2]. В современных условиях интересно изучение форсайта как эффективного инструмента для выявления новых стратегических научных направлений. Его цель – разработать алгоритм проведения качественной экспертизы при использовании методов форсайта с возможностью интеграции прогнозных оценок. В настоящее время большинство результатов научных исследований не способствуют инновационному развитию государства. Решение этой проблемы требует устойчивой системной связи между отраслями экономики и высшим образованием. Разработанный алгоритм базируется на системном подходе к методам предвидения, включая библиометрию, наукометрию, патентный анализ и прогнозирование [5].

На сегодняшний день в большинстве стран мира, таких как США, Япония, Австралия, Финляндия, Великобритания, Франция и др., методология форсайта зарекомендовала себя как наиболее эффективный инструмент выбора приоритетов в области науки и технологий. Применение форсайта распространяется на прогнозирование всех уровней научно-технологического развития и формирование среднесрочных и долгосрочных стратегий развития экономики, науки и технологий с целью повышения их конкурентоспособности [5, 6]. Основная идея форсайта заключается в определении стратегических направлений развития науки, техники, экономики, социальной сферы и др., которые станут определяющими для развития государства и мирового сообщества через 15–20 лет [7, 8].

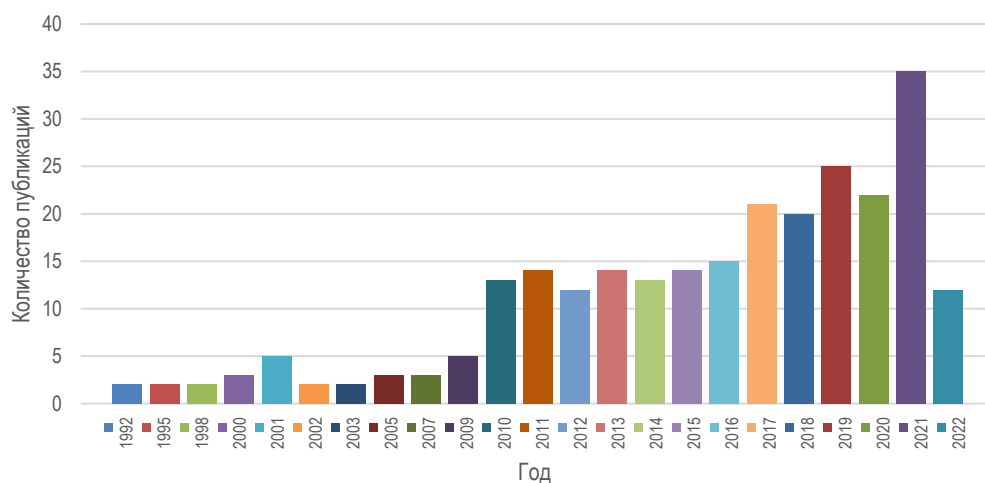


Рисунок 1. Количество публикаций по годам в базе данных Web of Science, содержащие фразу «форсайт-наука» в области науки об окружающей среде [2]

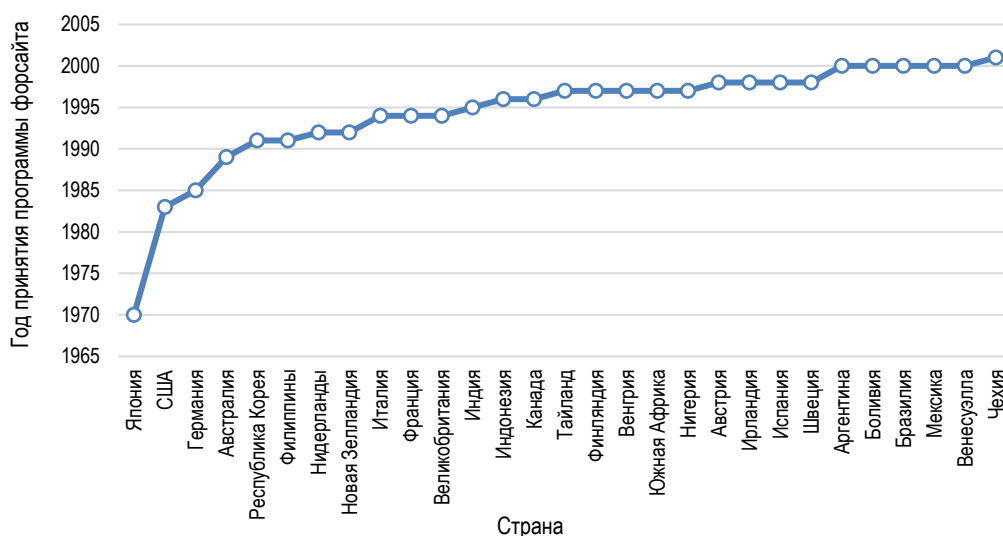


Рисунок 2. Развитие форсайта в мире [10]

Форсайт-исследования позволяют разрабатывать комплексные решения, охватывающие различные научные направления, виды экономической деятельности и компетенции должностных лиц и организаций. Важно отметить, что привлечение экспертов в разработку научно-технических прогнозов становится целесообразным, поскольку стандартные статистические методы и анализ больших данных не всегда способны предоставить средние- и долгосрочные прогнозные оценки и выработать сценарии развития области.

В работе [5] подчеркивается важность тщательного анализа научно-технических направлений, для чего предложен алгоритм определения приоритетных направлений науки, технологий и инноваций. Форсайт рассматривается как современная методология, дополненная прогнозной оценкой. Это позволяет заполнить пробел в исследованиях, посвященных форсайт-исследованиям, предполагая комплексный подход к решению этой проблемы.

В обобщении работ отечественных и зарубежных ученых можно сделать вывод, что применение методологии форсайта обусловлено ее преимуществами перед другими методами экспертного анализа. Оценки, включающие в себя качественную информацию, определение веса объектов, воссоздание объективной картины мнений специалистов и установление меры противоречивости суждений каждого эксперта, делают форсайт уникальным методом предвидения.

Несмотря на то, что в западных странах форсайт используется уже несколько десятилетий, в странах СНГ он получил распространение сравнительно недавно (рисунок 2).

Для прогнозирования будущего развития «зеленых» технологий необходимо использовать методы и инструменты, соответствующие глобальным тенденциям форсайта и адаптированные для исследования этих технологий с учетом их специфики. Среди наи-

более известных методов, применяемых в форсайте, выделяются методы Дельфи, сценариев, мозгового штурма, выявления критических технологий и разработки дорожных карт. Форсайт включает в себя разнообразные методы и инструменты, как созданные специально для прогнозирования будущего, так и заимствованные из области менеджмента, обусловленные междисциплинарным характером этой исследовательской области [11].

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ

Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) представляет собой системный методологический инструмент, целью которого является исследование воздействия продукта или технологической системы на окружающую среду на протяжении всего ее жизненного цикла. Этот цикл охватывает все этапы, начиная с извлечения сырья и производства, затем переходит к использованию, обслуживанию, и, наконец, завершается утилизацией или переработкой. Оценка жизненного цикла выходит за пределы традиционных методов оценки воздействия на окружающую среду, представляя более глубокое понимание экологических аспектов технологических решений. Основная роль ОЖЦ заключается в том, чтобы предоставить комплексную картину воздействия конкретного продукта или технологии на окружающую среду. Это включает в себя анализ выбросов в атмосферу, водные и земельные загрязнения, энергопотребление, и многие другие параметры. Подобный детальный анализ позволяет выявить потенциальные проблемные зоны и определить меры для минимизации негативных воздействий. Применение ОЖЦ в контексте прогнозирования «зеленых» технологий означает, что этот метод становится неотъемлемой частью стратегического анализа и планирования. В отличие от традиционных методов, оценивающих воздействие в определенный момент времени, ОЖЦ позволяет рассмот-

реть долгосрочные последствия технологических решений. Это особенно важно при прогнозировании, где учитываются долгосрочные тенденции и влияние технологий на будущее состояние окружающей среды. Применение ОЖЦ в контексте прогнозирования «зеленых» технологий означает, что этот метод становится неотъемлемой частью стратегического анализа и планирования. В отличие от традиционных методов, оценивающих воздействие в определенный момент времени, ОЖЦ позволяет рассмотреть долгосрочные последствия технологических решений. Это особенно важно при прогнозировании, где учитываются долгосрочные тенденции и влияние технологий на будущее состояние окружающей среды.

При проведении ОЖЦ выделяют несколько ключевых этапов:

1. Определение целей и границы оценки.
2. Сбор данных.
3. Анализ воздействия.
4. Интерпретация результатов.
5. Применение рекомендаций [12].

В сфере «зеленых» технологий активно исследуются и разрабатываются возобновляемые источники энергии, такие как солнечная, ветровая, гидро- и геотермальная энергия [13]. Применение методологий прогнозных исследований, таких как проект «Миллениум», способствует разработке идей и методологий для прогнозирования тенденций в «зеленых» технологиях [14]. В обобщении применение форсайта как инструмента государственного управления системами исследований и инноваций становится все более актуальным. Разнообразие методов форсайта обусловлено не только его широким спектром, созданным специально для прогнозирования будущего, но и заимствованным из области менеджмента. Технологическое прогнозирование, проводимое на европейском уровне и в нескольких странах, дает возможность систематического анализа и обсуждения возможного технологического будущего, в тесном взаимодействии с промышленной и инновационной политикой. Форсайт «зеленых» технологий (ФЗТ) представляет собой экологически ориентированный технологический прогноз и становится важной частью технологического прогнозирования в свете серьезных вызовов, связанных с экологией и климатом. Проблемы окружающей среды и устойчивого развития становятся центром внимания, создавая новые области интереса для научных исследований и технологических разработок. В реакции на эти вызовы рынок для экологических технологий становится все более значимым, что способствует интеграции научно-технологической политики с экологической политикой [16]. Форсайт-упражнения в области «зеленых» технологий обычно проводятся с участием представителей промышленности, научных областей и государственного управления, что способствует согласованию и интеграции ожиданий, знаний и перспектив

в различных сферах. Этот процесс способствует развитию сетей и преодолению установленных институциональных и отраслевых границ. Методологии, используемые в прогнозировании «зеленых» технологий, разнообразны, так как многие стандартные подходы к технологическому прогнозированию не всегда подходят для решения экологических проблем. Примеры проектов по прогнозированию «зеленых» технологий включают голландский прогноз с 81 вариантом, датский прогноз «зеленых» технологий, оценку жизненного цикла и технологическое прогнозирование. Форсайт «зеленых» технологий воспринимается как важный инструмент в управлении инновациями и промышленностью в направлении экологической устойчивости. Однако, традиционное технологическое детерминистское понимание инноваций всё еще преобладает, что делает необходимым разработку альтернативных и специализированных подходов. Прогнозирование «зеленых» технологий может сыграть ключевую роль в переходе к устойчивому развитию инновационных систем, предоставляя опыт, применимый в более широком контексте научных исследований и технологического планирования [16]. Важно отметить, что на данный момент примеров реального прогнозирования «зеленых» технологий еще недостаточно, и нельзя утверждать, что оно уже оказало значительное влияние на окружающую среду. Это обстоятельство создает ограничения в охвате всех внутренних стратегических процессов, таких как внутрикорпоративное планирование и исследовательская деятельность институтов. Однако мы можем рассмотреть процессы национальной и общественной политики в областях окружающей среды, технологий и науки, а также их интеграцию.

ПРОЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ

Форсайт и управление в обществе, ориентированном на изменения, в настоящее время тесно связаны с растущей культурой перемен [17]. Технологическое прогнозирование и спорные вопросы будущего играют ключевую роль в современных политических дебатах, формулировке повестки дня и борьбе за власть. Ожидания и обещания, связанные с будущим, становятся все более важными в деятельности по развитию науки и технологий на всех уровнях, включая политику и планирование, а также промышленные сектора и исследовательские программы. Понимание науки и знаний также претерпевает существенные изменения, где наука рассматривается как стратегический ресурс, подлежащий управлению и приоритизации. В этой ситуации технологическое прогнозирование, как систематический инструмент для решения будущих задач, стоит на переднем плане и привлекает высокий интерес. Значимость технологического предвидения также связана с ориентацией общества на технологии в целом, где развитие технологий и инноваций рассматриваются как ключевой фактор экономического роста и развития общества [18].

В последнее время климатические и экологические проблемы вызывают сомнения в неограниченном оптимизме относительно технологического развития. Недавние дискуссии о технологическом прогнозировании все более учитывают сложность развития технологий и их зависимость от множества различных факторов. Подчеркивается динамичная совместная эволюция между разными участниками и взаимная интеграция социальных и технологических аспектов. Поэтому форсайт, как инструмент, ориентированный на будущее, основан на философии, что будущее развитие зависит от действий и решений человека, и служит инструментом исследования пространства для человеческих действий и вмешательства с целью формирования будущего. Это направлено на формулирование ориентиров и руководство для всех участников, снижая неопределенность и интегрируя множество точек зрения на различных уровнях управления.

Однако на практике основное внимание уделяется методам, привлекающим научных и технологических экспертов, таким как «исследования Дельфи» и создание экспертных групп. Метод «исследования Дельфи» стал доминирующей парадигмой в области технологического прогнозирования, особенно в Европе, включая немецкую, британскую и японскую практику.

Технологическое прогнозирование и другие современные подходы к управлению представляют собой управление в рамках сетей субъектов, использующих их ресурсы. Однако стоит рассматривать технологическое прогнозирование прежде всего как практическую и прагматическую деятельность, методы и подходы которой еще не полностью разработаны и не подверглись систематическому анализу в рамках академических исследований.

Исследования влияния технологического предвидения на научно-исследовательскую политику указывают на то, что оно может оказывать незначительное воздействие или влиять в значительной степени, в зависимости от институциональных отношений, связанных с форсайтом. Например, в Нидерландах форсайт оказал существенное влияние на исследования в области устойчивых технологий и экологически ориентированную технологическую политику [19, 20].

Хотя воздействие технологического предвидения обычно ограничено в отношении отдельных прогностических процессов, оно может стать важным, если станет стандартной практикой в политических, плановых и стратегических процессах, связанных с технологиями. Примером такой практики является датский прогноз по экологическим технологиям, в рамках национальной программы технологического прогнозирования, проведенной с начала 2001 года [21]. В рамках общей цели выявления и обсуждения технологий и научных прорывов, а также оценки возможностей и проблем с точки зрения Дании, конкрет-

ные задачи прогнозирования «зеленых» технологий включают в себя следующие этапы:

1. Карта глобальных экологических проблем:

1.1. Рассмотрение и выявление ключевых экологических проблем, представляющихся актуальными в перспективе 10–20 лет.

1.2. Включение аспектов поведения и потребления, способствующих ухудшению экологических проблем.

2. Технологические и институциональные решения:

2.1. Идентификация и обсуждение технологических и институциональных решений, способных справиться с выявленными экологическими проблемами.

3. Карта компетенций и потенциала датской промышленности и инновационной системы:

3.1. Оценка компетенций и потенциала датской промышленности и инновационной системы.

3.2. Учет экологических проблем, движущих сил и возможных решений при оценке потенциала.

4. Рекомендации по экологическим инновациям:

4.1. Предоставление рекомендаций по радикальным и выдающимся экологическим инновациям.

4.2. Формулирование рекомендаций относительно необходимых рыночных и политических инициатив для поддержки этих инноваций.

Процесс прогнозирования разбит на четыре этапа, каждый из которых соответствует конкретной цели. Большая часть времени уделяется интеграции результатов предыдущих этапов и определению «приоритетных областей». Форсайт организован в виде экспертной группы, состоящей из 18 членов с различным опытом в технологической, исследовательской и управленческой сферах [22]. Эта группа представляет различные секторы, включая представителей отраслевых компаний, государственных исследователей, представителей других организаций в инновационной сфере и экологических НПО, а также представителей крупных инвестиционных организаций и Министерства окружающей среды. Экспертная группа взаимодействует с консультативной группой и секретариатом, обеспечивая консультационную поддержку и подготовку материалов для процесса прогнозирования. Процесс прогнозирования в области экологических технологий завершается выделением и определением четырех или пяти «приоритетных областей», которые представляют собой рекомендации относительно технологических инноваций и возможностей для бизнеса, производства и потребления. Эти области выделяются на основе анализа экологических проблем, технологий, компетенций и бизнес-потенциала. Они ориентированы не только на отрасли промышленности, а на более узкие подотрасли, а в области знаний учитывают не только научные области, но и конкретные области исследований и разработок, а также их взаимодействие.

Выбранные направления, или «приоритетные области», включают:

1. Гибкие энергетические системы с увеличением использования ветряной энергии:

1.1. Фокус на энергетических системах, которые интегрируют гибкость и ветряную энергию для устойчивости.

2. Систематическая оптимизация энергопотребления в зданиях:

2.1. Работа над технологиями и методами для эффективного управления и снижения энергопотребления в строениях.

3. Более экологически чистое сельское хозяйство:

3.1. Точное сельское хозяйство – внедрение технологий для более точного и эффективного сельского хозяйства.

3.2. Органическое сельское хозяйство – развитие методов и технологий для органического сельского хозяйства.

4. Разработка экологически чистых продуктов и материалов:

4.1. Фокус на разработке продуктов и материалов с учетом их экологической чистоты.

Эти направления представляют сложные системы, интегрируя аспекты производства и использования с акцентом на технологических изменениях. Описания основных направлений включают тексты, в которых рассматриваются соответствующие научные и инновационные институты, промышленные кластеры, а также рыночные аспекты, стимулы и элементы регулирования. Важно отметить различия и сходства между голландским и датским форсайтом в области «зеленых» технологий. Например, голландский форсайт более симметричен в анализе экологических аспектов, включая положительные и отрицательные воздействия, в то время как датский форсайт сосредотачивается на потенциальных положительных воздействиях. Различия также касаются системной перспективы, временного аспекта, и формата организации, но оба метода акцентируют важность инноваций в области «зеленых» технологий [16]. ОЖЦ и методы технологического прогнозирования представляют собой два различных подхода, но их гибридное использование может быть полезным, особенно в области ветроэнергетики. Можно рассмотреть ключевые аспекты каждого из этих подходов и их возможную интеграцию:

1. Оценка жизненного цикла – это методология, фокусирующаяся на выявлении и анализе всех этапов и процессов, включенных в жизненный цикл продукта или технологической системы. ОЖЦ учитывает потоки материалов и энергии на каждом этапе, позволяя детально оценивать воздействие продуктов на окружающую среду. Помимо оценки экологического воздействия, ОЖЦ используется в стратегическом планировании, сценарных анализах и других долгосрочных процессах.

2. Методы технологического прогнозирования – это подходы, основанные на анализе технологических трендов, инноваций и развития в определенных областях. Методы, такие как опросы Delphi, мозговой штурм и другие, анализируют будущие технологии, часто сосредотачиваясь на ключевых технических функциях. Фокусируются они на прогнозировании будущих технологических изменений и инноваций.

3. Интеграция ОЖЦ и методов технологического прогнозирования в ветроэнергетике позволяет учесть экологические аспекты будущих технологий с самого начала проекта. ОЖЦ помогает поддерживать фокус на экологических аспектах на протяжении всего жизненного цикла технологии. Интеграция ОЖЦ может ограничить проект текущим социотехническим контекстом, что может не учитывать новые технологические тренды. Внедрение детального анализа ОЖЦ может привести к увеличению степени неопределенности на ранних этапах проекта. Вовлечение экологических и технологических экспертов может помочь в структурировании интегрированного подхода. Можно разработать методологию, которая сочетает детализированный анализ ОЖЦ с абстрактным технологическим прогнозированием.

Итак, интеграция концепции ОЖЦ в методы технологического прогнозирования может предоставить важные преимущества, учитывая экологические аспекты будущих технологий. Однако, при этом, необходимо тщательно управлять рисками и ограничениями, чтобы обеспечить эффективность проекта. Принцип предосторожности и методы технологического прогнозирования предоставляют сбалансированный взгляд на будущие экологические риски потенциальных технологий. Эти два подхода дополняют друг друга, учитывая как положительные, так и отрицательные аспекты развития технологий. Это создает более полное понимание возможных последствий и помогает принимать информированные решения на политическом и оперативном уровне. Основные различия между принципом предосторожности и технологическим прогнозированием в том, что последнее обычно уделяет больше внимания положительным аспектам развития технологий, подчеркивая их потенциал и перспективы. Принцип предосторожности, напротив, смотрит более скептически и критически на новые технологии, фокусируясь на возможных негативных последствиях [23].

Интеграция этих подходов в один проект обеспечивает более всесторонний анализ экологических аспектов будущих технологий. Технологическое прогнозирование при этом может выявлять потенциал развития и инноваций, в то время как принцип предосторожности напоминает о возможных рисках и необходимости управления ими.

Проект форсайта представляет собой гибкий процесс, который требует адаптации методологии в зависимости от специфики исследуемых проблем. Ва-

жно сохранять общие методологические рамки для обеспечения согласованности всего проекта, особенно если целью является создание общего набора сценариев для конкретной отрасли, такой как энергетика в Польше. Процесс форсайта, начинающийся с обзора литературы и анализа доступных материалов, представляет собой систематичный подход к сбору информации. Разработка технологических баз данных и выделение ключевых технологий являются важными этапами, которые обеспечивают основу для дальнейшего анализа и прогнозирования. Исследования в области прогнозирования «зеленых» технологий представляют интерес для области технологического прогнозирования на различных уровнях, включая национальный и европейский. Влияние на конкретную перспективу и адаптация методологических принципов под конкретные цели и целевые группы являются ключевыми аспектами успешных проектов в этой области. Наконец, учет локальных экологических проблем в процессе форсайта, связанного с «зелеными» технологиями, крайне важен. Это помогает избежать упущения значимых возможностей и неопределенности, связанных с глобальными отчетами и точками зрения. Такой интегрированный и местноориентированный подход способствует более реалистичному взгляду на будущее «зеленых» технологий.

Анализируя подходы форсайтов разных стран, можно выделить несколько ключевых наблюдений:

1. Сложная взаимосвязь между технологиями, окружающей средой и социальными вопросами, а именно – прогнозирование «зеленых» технологий уделяет внимание взаимосвязи между технологиями, окружающей средой и социальными аспектами. Это отражает более широкий и комплексный взгляд на будущее, включая устойчивость и социальные последствия.

2. Особенности практик Голландии и Дании:

Нидерландская практика акцентирует внимание на интеграции экологических аспектов в технологическую политику.

Датская практика охватывает интеграцию экологических проблем в общую технологическую и инновационную политику.

3. Опрос Delphi считается ценным инструментом, особенно в условиях ограниченных или неопределенных знаний о предметной области. Два раунда опроса Delphi предоставили как качественную, так и количественную информацию, оказавшую влияние на формирование сценариев и стратегических планов.

4. В Казахстане интерес к применению форсайта проявляется в контексте разработки стратегий развития различных отраслей. Проекты «Казахстан-2030» и «Казахстан-2050» являются подобием использования форсайта для анализа технологических и социальных трендов.

5. Форсайты начинают активно развивать инновационную сферу в Казахстане. Применение инстру-

ментов прогнозирования технологий в стратегическом планировании подчеркивает стремление к более осознанному и устойчивому использованию ресурсов.

6. В Казахстане, как и в других странах, использование форсайта становится важным элементом стратегического планирования и управления устойчивым развитием.

Это направление способствует более осознанному и устойчивому использованию ресурсов, что является ключевым фактором в обеспечении устойчивого экономического и экологического развития. Обобщенно, подходы к форсайту демонстрируют эволюцию в направлении более глубокого понимания сложных взаимосвязей между технологиями, обществом и окружающей средой, а также стремление к разработке стратегий, учитывающих экологическую устойчивость и социальные аспекты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современном контексте изучения подходов форсайтов разных стран можно сделать вывод, что прогнозирование «зеленых» технологий представляет собой перспективный метод управления устойчивым развитием. Эти методы ориентированы на комплексный анализ взаимосвязи между технологиями, окружающей средой и социальными вопросами, в отличие от традиционного подхода, не учитывающего экологические аспекты. Особенности подходов Голландии и Дании к интеграции экологических аспектов в технологические политики демонстрируют, что страны придают большое значение устойчивому развитию, внедряя принципы экологической устойчивости в процессы разработки технологий и инновационные системы. Исследования в этой области играют важную роль на национальном и европейском уровнях, способствуя интеграции принципов устойчивого развития в процессы создания технологий и инновационные системы. Примером является проект технологического прогнозирования для энергетического сектора в Польше, который выявил мотивацию в использовании этого метода через успешные реализации аналогичных проектов в других странах и стремление применить альтернативные методы сбора данных для разработки стратегий планов. Проекты прогнозирования «зеленых» технологий являются ярким примером того, как методы технологического прогнозирования могут быть адаптированы под конкретные цели и аудиторию. Важно учитывать как глобальные, так и локальные экологические проблемы, чтобы обеспечить более полное представление о будущем, а также поддерживать устойчивое развитие. В Казахстане инновационная сфера активно развивается, и методы прогнозирования будущих технологий, включая форсайт-исследования, внедряются для разработки стратегий развития различных отраслей. Эти исследования становятся все более популярными, способствуя более осмысленному и устойчивому

управлению ресурсами, что играет ключевую роль в обеспечении стабильного экономического и экологического прогресса в стране.

Благодарности

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, Договор на проведение форсайтных исследований по развитию науки в рамках реализации Национального проекта «Технологический рывок за счет цифровизации, науки и инноваций» № 175, от 30 мая 2023 года.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Becker P., Corporate Foresight in Europe: A First Overview, Germany: Institute for Science and Technology Studies University of Bielefeld, 2002. – P.31.
2. Ednie G., Kapoor T., Koppel O., Piczak M., Reid J., Murdoch A., Cook C., Sutherland W., Cooke S. Foresight science in conservation: Tools, barriers, and mainstreaming opportunities // *Ambio*. – Volume 52. – 2023. P. 412–424. <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01786-0>
3. Calof J., Smith J. Foresight impacts from around the world: a special issue // *Foresight*. – Volume 14. – Issue 1. – 2012. – P. 5–14.
4. Adams V., Douglas M., Jackson S., Scheepers K., Kool J., Setterfield S. Conserving biodiversity and Indigenous bush tucker: Practical application of the strategic foresight framework to invasive alien species management planning // *Conservation Letters*. – Volume 11. – Issue 4. – 2018. – P. 12441. <https://doi.org/10.1111/conl.12441>
5. Zhanbayev R., Sagintayeva S., Abildina A. and Nazarov A. The Use of the Foresight Methods in Developing an Algorithm for Conducting Qualitative Examination of the Research Activities Results on the Example of the Republic of Kazakhstan // *Mathematics* 2020. – Volume 8. – 2024. – P. 19.
6. Brumer V., Konnola T., Salo A. Diversity in Foresight Research. The Practice of Selecting Innovative Ideas // *Foresight and STI Governance*. – Volume 4. – Issue 4. – 2011. P. 56–68.
7. Tapinos E., Pyper N. Forward looking analysis: Investigating how individuals do' foresight and make sense of the future // *Technol. Soc. Chang*. – Volume 126. – 2018. – P. 292–302.
8. Danova M.A. Priority selection technique for predicting the scientific and technological development of large-scale facilities based on the Foresight technology // *Aerosp. Eng. Technol*. – Volume 7. – 2013. P. 227–231.
9. Shvaytser E., Merser M. Science and Technology in Kazakhstan – Status and Prospects // *Foresight*, Publishing House “NIU” Higher School of Economics: Moscow: Russia, 2007.
10. UNIDO Technology Foresight Manual: Technology Foresight in Action. - Volume 2. – Vienna. - 2005. P. 288.
11. UNIDO Foresight Metodologies. Mode of access: http://www.strast.cz/dokums_raw/foresightmethodologies_1168269318.pdf
12. Стандарты ISO 14040 и ISO 14044 Международной организации по стандартизации (ISO). [Standarty ISO 14040 i ISO 14044 Mezhdunarodnoy organizatsii po standartizatsii (ISO).]
13. Vakulchuk R., Overland I., Scholten D. Renewable energy and geopolitics: A review The National Aeronautics and Space Administration Renew // *Sustain. Energy Rev*. – Volume 122. – 2020. P. 1–39. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109547>
14. Glenn, J. C., Gordon, T. J., & Florescu, E. State of the future. Millennium Project: Washington.: 2011. P. 100.
15. IPCC Assessment Open-File Report 2022.
16. Borup M. Green Technology Foresight as Instrument in Governance for Sustainability, Section D: Technologies for Sustainability Transformation. – 2005. – P. 24.
17. Giddens A., Pierson C. Conversations with Anthony Giddens: Making Sense of Modernity. Cambridge: Polity Press Stanford University Press. – 1998. – P. 233.
18. Nowotny H., Scott P., Gibbons M. Re-Thinking Science, Cambridge: Polity Press. – 2001. – P. 288.
19. Meulen B. The impact of foresight on environmental science and technology policy in the Netherlands // *Futures*. – Volume 31. – 1999. – P. 7–23.
20. Meulen B., Löhnberg A. The use of foresight: institutional constraints and conditions // *International Journal of Technology Management*. – Volume 21. – Issue 7/8. – 2001. – P. 680–693.
21. Product-oriented environmental efforts in the agricultural sector – prerequisites (Denmark) Open-File Report, 2004. – P.204.
22. Czaplicka-Kolarz K., Stańczyk K., Kapusta K. Technology foresight for a vision of energy sector development in Poland till 2030. Delphi survey as an element of technology foresighting // *Technological Forecasting & Social Change*. – Volume 76. – 2009. – P. 327–338.
23. Hellström T. Systemic innovation and risk: technology assessment and the challenge of responsible innovation // *Technology in Society*. – Volume 25. – 2003. – P. 369–84.
24. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K1200002050>

**ҚАЗАҚСТАН ЖАҒДАЙЫНДА ОЛАРДЫҢ ТӘЖІРИБЕСІН ҚАБЫЛДАУ ҮШІН ҒЫЛЫМ
МЕН ЖАСЫЛ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ ДАМУЫН ФОРСАЙТТЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРДЕ
ЕУРОПА ЕЛДЕРІНІҢ ТӘСІЛДЕРІН ЗЕРТТЕУ**

Д. И. Бакранова^{1*}, А. С. Серікқанов², А. С. Жұмаділдаев², К. Е. Оразалиев²

¹ *Қазақ-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан*

² *Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Қазақстан Республикасының
Ұлттық Ғылым Академиясы, Алматы, Қазақстан*

**Байланыс үшін E-mail: dinabakranova@gmail.com*

Бұл жұмыс Қазақстанда болашақта қолдану үшін ең қолайлы тәсілдерді анықтау мақсатында ғылым саласында, әсіресе әртүрлі еуропалық елдерде жасыл технологияларды дамытуда форсайт әдістерін қолдануды қарастырады. Талдау көрсеткендей, жасыл технологияны болжау тұрақты дамуды басқарудың тиімді құралы болуға уәде береді. Жасыл технологияларды болжау әдістері қоршаған орта мен әлеуметтік аспектілерді ескере отырып, жүйелі көзқарас пен кешенді шешімдерге бағытталған. Сондай-ақ болашақ даму тенденцияларын толық түсіну үшін жаһандық және жергілікті экологиялық мәселелерді қарастыру маңызды. Мақалада голландтық және даттық тәсілдерді салыстыру қарастырылған. Жасыл технологияларды болжау зерттеулері ұлттық деңгейде маңызды рөл атқара алады, әсіресе тұрақтылық мәселелерін технологияларды дамыту мен инновациялық процестерге біріктіруде. Олар сондай-ақ Қазақстандағы компаниялар мен үкіметтің неғұрлым тиімді және тұрақты даму стратегияларын әзірлеуге ықпал етеді. Бұл зерттеулер тұрақты дамудың маңыздылығы туралы қоғамның экологиялық хабардарлығы мен хабардарлығын арттыруға ықпал етеді. Технологияларды болжау болашақ тенденцияларды жақсырақ түсінуді қамтамасыз ету үшін Delphi сауалнамасын пайдалануды бағалайды. Алынған білім жасыл технологиялар саласындағы стратегиялық жоспарларды әзірлеу және энергетикалық сектордың тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін негіз болып табылады.

Түйін сөздер: форсайт зерттеулері, жасыл технологиялар, жаңартылатын энергия, жасыл экономика, форсайт әдістері.

**STUDYING THE APPROACHES OF EUROPEAN COUNTRIES IN FORESIGHT STUDIES
OF THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND GREEN TECHNOLOGIES FOR ADOPTING
THEIR EXPERIENCE IN THE CONTEXT OF KAZAKHSTAN**

D. I. Bakranova^{1*}, A. S. Serikkanov², A. S. Dzhumadildaev², K. E. Orazaliyev²

¹ *Kazakh-British technical university, Almaty, Kazakhstan*

² *National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan under the President
of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan*

**E-mail for contacts: dinabakranova@gmail.com*

This paper reviews the application of foresight methods in the field of science, especially in the development of green technologies in various European countries, with the aim of identifying the most suitable approaches for future use in Kazakhstan. The analysis shows that green technology forecasting promises to be an effective tool for managing sustainable development. Methods for forecasting green technologies are focused on a systematic approach and integrated solutions, taking into account the environment and social aspects. It is also important to consider both global and local environmental issues to gain a full understanding of future development trends. The article provides a comparison of the Dutch and Danish approaches. Green technology foresight research can play an important role at the national level, especially in integrating sustainability considerations into technology development and innovation processes. They also contribute to the development of more effective and sustainable development strategies for companies and government in Kazakhstan. These studies contribute to increasing environmental awareness and awareness in society regarding the importance of sustainable development. Technology forecasting values the use of Delphi surveys to provide a better understanding of possible future trends. The knowledge gained is the basis for developing strategic plans in the field of green technologies and ensuring sustainable development of the energy sector.

Keywords: foresight research, green technologies, renewable energy, green economy, foresight methods.