

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2025-4-178-189>

УДК 620.9

РЕЗУЛЬТАТЫ ФОРСАЙТ-ИССЛЕДОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ЭНЕРГЕТИКА» В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

А. С. Серикканов^{1*}, Л. Д. Байсент², М. Э. Калменов³, А. А. Кибарин⁴,
Е. В. Шевченко¹, А. А. Омирбекова⁵, С. С. Верендеев⁶

¹ Национальная Академия наук Республики Казахстан при Президенте Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

² Казахстанско-немецкий университет, Алматы, Казахстан

³ АО «Институт развития электроэнергетики и энергосбережения (Казахэнергоэкспертиза)», Астана, Казахстан

⁴ НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», Алматы, Казахстан

⁵ Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

⁶ ТОО «Manul Technologies», Астана, Казахстан

* E-mail для контактов: a.serikkanov@gmail.com

В статье рассматривается роль форсайт-исследований в энергетике с акцентом на Казахстан. Энергетика определяется как ключевой фактор экономического роста, технологической модернизации и экологической устойчивости. Подчеркивается двойственная роль энергетического сектора в Казахстане, где он является не только опорой национальной экономики и экспорта, но и источником рисков, связанных с изношенной инфраструктурой, высокой энергоёмкостью и зависимостью от ископаемого топлива. Методология исследования включала анализ международных трендов, экспертные опросы и глубинные интервью с учёными и представителями отрасли. Полученные результаты позволили выявить приоритетные направления научных исследований и технологий, соответствующие глобальному переходу к низкоуглеродной и цифровой энергетике. Выводы исследования могут быть использованы для формирования национальной инновационной политики и повышения долгосрочной конкурентоспособности Казахстана.

Ключевые слова: форсайт-исследования, электроэнергетика, возобновляемая энергетика, «зелёная» экономика, методы форсайтов.

ВВЕДЕНИЕ

Современное общество развивается в условиях активной смены инновационных укладов и перехода на новые информационно-инновационные технологии, формирования эффективных наукоемких систем производства товаров и услуг, усложнения форм и механизмов конкурентной борьбы в международном и национальном масштабах, что требует повышения роли знаний и интеллектуального капитала. Однако национальные системы промышленной и научно-технической сферы Казахстана недостаточно адаптированы к условиям расширения глобальных конкурентных преимуществ и динамике инновационных и технологических трансформаций. Это наглядно подтверждают и рейтинги страны в общемировых показателях: Казахстан занимает 81-ю позицию среди 133 стран в рейтинге инновационного развития «The Global Innovation Index» [1], 73-е место среди 146-и стран в рейтинге по уровню развития экономики, основанной на знаниях (The Knowledge Economy Index) [2] и 39-е место среди 172-х стран по объемам ВВП (Gross Domestic Product (GDP)).

В этих условиях возникает необходимость обновления научных подходов к построению моделей научных исследований, повышению качества исследовательских результатов и их прогнозной вероятности с учетом современных требований глобальных рынков, внешних правил и ограничений разного уровня [3, 4].

Одной из базовых современных проактивных исследовательских технологий является форсайт [5–8].

Потенциал форсайт-исследований заключается в следующем [5]:

- объединение усилий всех заинтересованных лиц в системе выработки общего представления (образа) будущего объекта исследования (учитываются различные точки зрения ученых и экспертов и наиболее объективно отражаются все стороны исследуемой актуальной тематики);

- широкий спектр методов и инструментов проведения форсайта (возможность представления и визуализации главных свойств и характеристик объекта исследования);

- выработка эффективных путей решения проблемы, разработка «дорожных карт», которые в практическом плане будут являться четким указателем действий всех групп участников;

- прогнозы форсайта формируются широким кругом экспертов (снижает вероятность одностороннего взгляда и повышает вероятность достоверности прогнозируемого состояния проблемы, формирует основу для синергетического развития).

Энергетика занимает особое место в форсайт-исследованиях как в мире, так и в Казахстане [9, 10], поскольку именно она определяет фундаментальные условия экономического роста, технологической модернизации и экологической устойчивости. В глобальном масштабе форсайт в энергетике позволяет

прогнозировать переход к низкоуглеродным технологиям, развитие новых рынков и цепочек стоимости, а также предотвращать энергетические кризисы. В Казахстане энергетика одновременно является основой экономики и экспорта, а также источником рисков, связанных с изношенной инфраструктурой и зависимостью от ископаемого топлива [11]. Поэтому именно в этой сфере форсайт становится инструментом не только научного и технологического планирования, но и выработки стратегических решений, влияющих на конкурентоспособность страны в долгосрочной перспективе.

В экономике Казахстана сохраняется высокая зависимость от углеродных ресурсов и энергоёмких отраслей промышленности, что формирует устойчивые риски для конкурентоспособности страны в условиях глобального перехода к низкоуглеродному развитию. Одновременно международные обязательства Казахстана по достижению углеродной нейтральности к 2060 году и включение в мировые климатические инициативы требуют системных решений в области науки, технологий и инноваций, а также ускоренной системной трансформации энергетики [12–14].

В этих условиях форсайт-исследования приобретают особую значимость как инструмент стратегического прогнозирования и определения приоритетов научно-технического развития. Они позволяют выстраивать долгосрочную научную и инновационную повестку, интегрировать национальные приоритеты в глобальные технологические тренды и формировать основу для эффективной государственной политики. Несмотря на накопленный опыт, форсайт-исследования в Казахстане до сих пор не стали системным элементом стратегического планирования [15, 16].

Таким образом, актуальной задачей является совершенствование подхода к форсайт-исследованиям, который бы одновременно обеспечивал научную обоснованность, технологическую релевантность и практическую привязку к инструментам государственной политики в области науки и технологии в энергетике.

МЕТОДЫ

Проблемы форсайт-исследований в Казахстане

В Казахстане форсайт-исследования в области «Энергетика» проводились в 2013 и 2017 годах, затем был длительный перерыв, и только в 2024 году был реализован новый цикл исследований. Анализ содержания форсайт-исследований позволяет проследить эволюцию экспертных представлений о направлениях повышения энергоэффективности и сопоставить прогнозы с фактической динамикой энергопотребления и государственной политики.

Форсайт-исследования 2013 и 2017 гг. показали, что использование угля будет доминирующим еще несколько десятилетий. Поэтому одна из стратегий

развития энергетики Казахстана заключается в развитии угольных технологий. Анализ развития таких технологий показал, что имеются современные решения по безотходному сжиганию высокосольных углей с переработкой золы в строительные материалы или сырье для получения металлов.

Вторым стратегическим направлением, отмеченным в исследованиях, является рост энергоэффективности энергетического производства и внедрение ВИЭ. Отмечалось, что важно принятие нормативных документов по стимулированию энергоэффективности и внедрению ВИЭ. Нормативно правовая база в области энергосбережения и поддержки ВИЭ создана и продолжает совершенствоваться. В качестве мер энергоэффективности предлагалась разработка новых видов топлива, в том числе из биоресурсов, использование различных ресурсов для выработки возобновляемой энергии. Предлагаемая мера актуальна и сегодня, особенно в направлении развития углехимии, что позволит на первом этапе получать более экологичное топливо для ТЭС, а в последствии получать продукты переработки угля с высокой добавленной стоимостью.

Третьим стратегическим направлением, отмеченным в форсайт-исследованиях, является развитие атомной энергетики. В настоящее время в Казахстане производится сырье для атомной промышленности, а технологии по выработке атомной энергии в Казахстане не используются. Поэтому на первом этапе целесообразно провести фундаментальные исследования по разработке безопасных технологий атомной энергетики. На втором этапе – создание моделей безопасных реакторов. Третий этап обусловлен потребностью разработки промышленного образца безопасного реактора, в том числе реактора малой мощности. Данное направление выходит за пределы горизонта прогнозирования форсайт-исследований, но тем не менее его развивать необходимо именно сейчас, чтобы к 2050 году у нас были реальные безопасные технологии по атомной энергии.

На основе проведенных форсайт-исследований, и с учетом SWOT анализа были сформированы стратегии действий для направления «Безопасная, чистая и эффективная энергетика» (рисунок 1).

По результатам форсайт-исследований 2013 и 2017 годов были определены актуальные технологические направления развития энергетического сектора.

В первоочередных задачах Стратегического плана развития Республики Казахстан и экономического развития Казахстана до 2050 года определено создание новых высокотехнологичных производств по глубокой переработке углеводородного сырья на базе передовых разработок отечественной и мировой науки. Таким образом, наряду с развитием газовой и нефтяной отраслей промышленности республики, предусматривающим строительство магистральных нефте- и газопроводов для увеличения поставок нефти и газа на экспорт, загрузку и модернизацию суще-

ствующих перерабатывающих предприятий, следует развивать нефтехимическую отрасль промышленности республики.

Ужесточение экологических требований заставляет снижать использование углей (в том числе высокозольных Экибастузских углей). Учитывая большое количество угольных станций в Казахстане, основная задача состоит в том, чтобы развивать технологии по переработке угля и получения жидких и газообразных компонентов.

Для стабильного развития ВИЭ имеет решающее значение машиностроительная база. Для ее создания на первом этапе требуются экспериментальные цеха и малые заводы по производству ВИЭ казахстанского содержания. На втором этапе основное внимание следует направить на подготовку кадров и строительство заводов по производству ветроустановок, гидротурбин, солнечных коллекторов, биогазовых установок, аккумуляторов и хранилищ энергии. Важно развивать локальное энергоснабжение крестьянских хозяйств и малых предприятий на базе малых ветроустановок и солнечных коллекторов.

Развитие биотоплива позволит перерабатывать отходы производства, сельского хозяйства и населения. Биогазовые установки уже производятся во многих странах, в том числе и в России и КНР. Требуется разработка такой конструкции, которая позволяла бы получать электроэнергию.

Для стабильной работы ВИЭ требуются системы накопления электроэнергии. Также одним из важных условий является проведение исследований по созданию высокотехнологичных промышленных систем накопления электроэнергии и тепла, применительно к условиям Казахстана и по применению СНЭЭ (электрохимические, криогенные, топливные элементы и т.д.)

Угольная генерация может стать убыточной при введении санкций против использования угля в энергетике. На первом этапе внедрение энергоэффективных мероприятий в производственный цикл ТЭС позволит снизить вредные выбросы и улучшить режим их работы. На следующем этапе – внедрение систем газоочистки, газификация, замена угля на газ, в последующем переход на новые виды экологически чистого топлива. Совершенствование энергетической эффективности связано с научными исследованиями в области модернизации тепловой энергетики. НИОКР должны быть связаны не только с процессом сжигания угля и других углеводородов, но и подготовкой топлива и технологиями преобразования энергии в тепло и электричество, машиностроением, материаловедением, теплоэнергетикой.

Большие возможности повышения энергоэффективности – снижение потерь в электрических и тепловых сетях. Энергоэффективность предприятий может быть улучшена за счет использования ВИЭ и создания локальных сетей с оборудованием для хранения энергии.

Одним из важных моментов энергобезопасности является развитие водородной и атомной энергетики. Водород можно получать с использованием ВИЭ, проблема его хранения может быть обеспечена смешением водорода с метаном, использованием топливных элементов и т.д. В Казахстане имеются различные радиоактивные элементы, типа тория, которые не имеют широкого применения. Развитие данного направления атомной энергетики позволило бы нашей стране намного снизить энергоемкость экономики. Безопасное развитие атомной энергетики позволит создать основу для совершенствования научно-технической базы развития ядерных технологий, что будет способствовать сохранению и развитию «ядерной компетентности» и повысит конкурентный статус Казахстана в мире.

Учитывая результаты форсайт-исследований, можно выделить следующие актуальные технологические направления развития энергетики:

- 1) глубокая переработка углеродного сырья с развитием нефтехимической отрасли, переработка и газификация угля, и развитие углехимической отрасли;
- 2) повышение энергоэффективности производства тепла и электроэнергии;
- 3) проведение НИОКР по разработке казахстанских ВИЭ и создание сети малых производств;
- 4) создание фонда для финансирования новых технологий по энергоэффективности и ВИЭ;
- 5) разработка финансовых инструментов для стимулирования энергоэффективности и применения ВИЭ;
- 6) разработка промышленных систем накопления энергии;
- 7) разработка атомных и водородных технологий с обеспечением их безопасной эксплуатации и консервации.

Сравнительный анализ показывает, что Казахстан прошёл значительный путь в развитии практики форсайт-исследований в энергетике. Если в 2013 году акцент делался на оценке энергоёмкости экономики и формировании общих сценариев, то в 2024 году фокус сместился на конкретные направления научных исследований и их увязку с инструментами государственного финансирования. Этот переход свидетельствует о повышении институциональной зрелости и понимания роли науки в обеспечении устойчивого развития энергетического сектора.

В то же время остаются вызовы. Во-первых, приоритеты форсайта пока недостаточно соотнесены с международными технологическими трендами. Во-вторых, сохраняется ограниченная вовлечённость бизнеса, тогда как в ведущих странах именно взаимодействие науки и промышленности обеспечивает ускоренную коммерциализацию технологий. В-третьих, не сформирован механизм регулярной актуализации форсайта: быстро меняющаяся энергетическая повестка требует гибкости и адаптивности, что в Казахстане пока реализовано лишь частично.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ФОРСАЙТ-ИССЛЕДОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ЭНЕРГЕТИКА» В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН:
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ**

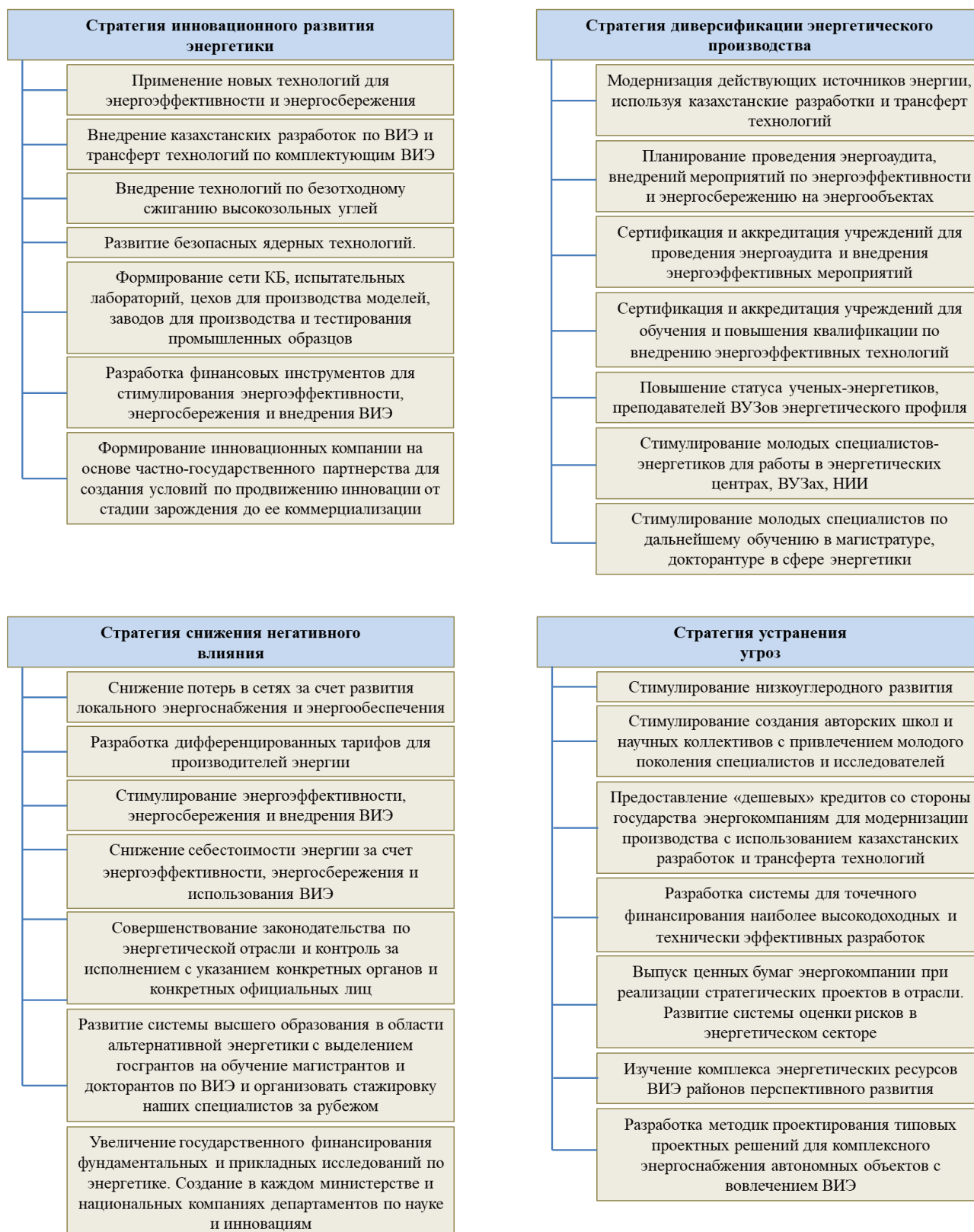


Рисунок 1. Стратегии действий для направления «Безопасная, чистая и эффективная энергетика», сформулированные на основе форсайт-исследований

Основными рекомендациями для Казахстана могут быть:

1. Институционализация форсайта как постоянного процесса (закрепление регулярности обновления форсайт-исследований (например, раз в 3–4 года) и интегрирование их результатов в стратегические документы – «Стратегию низкоуглеродного развития», «Госпрограмму развития науки» и отраслевые программы).

2. Расширение методологической базы (следует активнее использовать анализ публикационной и патентной активности, базы данных международных организаций (IEA, IRENA, EU JRC), а также методы машинного обучения для выявления зарождающихся технологических направлений).

3. Усиление связи с бизнесом и промышленностью (развитие механизма исследовательских консорциумов, где университеты, НИИ и промышленные компании совместно формируют приоритеты исследований и делят риски внедрения).

4. Фокус на критически важные технологии (для Казахстана ключевыми могут стать: системы накопления энергии, улавливание и хранение углерода (CCUS), водородные технологии, оптимизация энергопотребления в энергоёмких отраслях, в том числе в энергетике, цифровизация энергосистем).

5. Интеграция с международными инициативами (участие в региональных и глобальных технологических альянсах, доступ к передовым знаниям и финансирование для совместных проектов).

6. Формирование системы мониторинга внедрения (разработка индикаторов, которые позволят отслеживать, насколько эффективно реализуются приоритеты форсайта – как в науке (количество публикаций и патентов), так и в экономике).

Несмотря на наличие стратегических документов и форсайт-исследований, Казахстан остаётся в числе стран с наибольшей энергоёмкостью ВВП. Данные более чем 200 энергоаудитов, проведённых в 2023–2025 году, показывают, что значительная часть промышленности сохраняет устаревшие технологии и

низкую управленческую культуру в области энергосбережения. Прогнозы форсайтов 2013 и 2017 годов во многом не реализовались, поскольку в них недооценивались институциональные барьеры: слабая тарифная мотивация предприятий к модернизации, отсутствие устойчивой поддержки долгосрочных инвестиций и ограниченность компетенций регионально-го уровня управления энергосбережением.

Текущее положение науки и энергетической отрасли

Анализ состояния науки и технологий в Республике Казахстан показывает, что за последние два десятилетия наблюдается устойчивая положительная динамика в финансировании научных исследований и разработок [17]. Наибольшая доля внутренних затрат на НИОКР приходится на инженерные разработки и технологии, которые демонстрируют стабильный рост в 2004–2023 гг. (рисунок 2). Значительный прирост наблюдается также в области медицинских наук, в то время как сельскохозяйственные науки, социальные и гуманитарные дисциплины сохраняют относительно небольшие, но стабильные объёмы финансирования.

При этом доля внутренних затрат на НИОКР в ВВП страны остаётся низкой и за последние годы практически не изменилась, колеблясь в пределах 0,12–0,13%. Это указывает на ограниченный масштаб влияния науки на экономику и необходимость повышения эффективности использования ресурсов.

Вместе с тем, проведённые в рамках форсайт-исследования анкетирование и глубинные интервью с отечественными и зарубежными экспертами подтвердили, что именно инженерные и технологические направления обладают наибольшим потенциалом для формирования будущих рыночных ниш и интеграции в глобальные цепочки добавленной стоимости. Для уточнения этих перспектив были разработаны специальные опросные шаблоны («Экспертный инсайт»), позволившие выявить направления, требующие государственной и корпоративной поддержки.

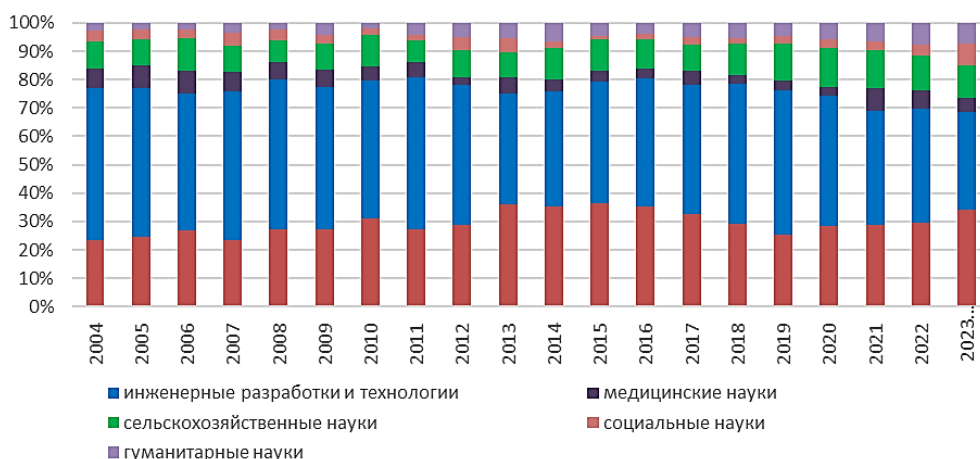


Рисунок 2. Внутренние затраты на НИОКР по отраслям науки в 2003–2023 годах

Согласно Национальному отчету по науке НАН РК за 2023 год, в рамках завершённых научных программ было получено 155 охранных документов и 1696 публикаций, из которых 387 индексировались в Scopus и 141 в Web of Science. Количество внедрённых результатов составило 260, охватывая 45 программ [18]. Анализ показывает, что патентная активность значительно ниже публикационной. В форсайт-исследованиях в Казахстане, как правило, акцентируют внимание на публикационной активности, тогда как анализ по патентной активности лишь дополняет анализ публикаций. Такой подход ограничивает возможности выявления технологических тенденций в отдельных секторах, включая энергетику, и затрудняет оценку потенциала их коммерциализации. Использование Scopus и Web of Science позволяет выделять тематические кластеры публикаций. В материалах и отчётах НАН РК за 2017–2024 гг. патентная статистика чаще рассматривается как часть общей инновационной и коммерциализационной аналитики.

В международной практике форсайт-исследования в энергетике строятся на комплексном анализе публикаций и патентов, что позволяет выявлять технологические тренды и специализацию стран.

Патенты фиксируются в агрегированном виде по количеству заявок на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, и через коэффициент изобретательской активности. Отсутствие разбиения по секторам затрудняет точное выявление технологических тенденций.

Параллельно анализ состояния электроэнергетической отрасли Казахстана выявил наличие системных проблем, ограничивающих её развитие.

Наиболее острыми остаются технические вызовы – прогнозируемый дефицит электроэнергии и мощности, высокий уровень износа генерирующего и сетевого оборудования, ограниченная пропускная способность между энергоузлами и низкий уровень цифровизации. Инвестиционные барьеры связаны с действующей системой тарифного регулирования, которая не создаёт стимулов для модернизации и не обеспечивает долгосрочной предсказуемости для бизнеса. Рыночные и регуляторные недостатки проявляются в несогласованности принципов рыночного ценообразования с административным регулированием, а также в отсутствии независимого органа, обеспечивающего устойчивое функционирование рынка.

Дополнительными факторами риска являются несогласованность экологической политики и тарифного регулирования, отсутствие механизмов финансирования экологических мероприятий, а также нехватка кадров и снижение квалификации специалистов. При этом в отрасли отсутствует специализированный научно-технический совет, способный формировать стратегическое видение и поддерживать долгосрочные решения на основе аналитики и прогнозов.

Таким образом, наука и энергетика Казахстана демонстрируют разнонаправленное развитие. С одной

стороны, усиливается внимание к инженерным и технологическим направлениям, что подтверждает их стратегическую значимость для будущей экономики. С другой – энергетическая отрасль сталкивается с комплексом вызовов, требующих системного решения. В этих условиях форсайт-исследования выступают как инструмент согласования приоритетов науки и отрасли, позволяя формировать долгосрочные ориентиры и интегрировать национальную энергетику в глобальные процессы трансформации.

Мировые тренды. Направления развития мировой энергетики. Международная практика форсайта.

Современная мировая энергетика переживает трансформацию, новый виток развития ставит задачи в части ответа на глобальные вызовы, включая обеспечение энергобезопасности, вовлеченность в очередную технологическую революцию («Индустрия 4.0»), становление современной архитектуры мировой энергосистемы, обеспечение экологической безопасности при помощи интеграции современных технологий.

В мировой энергетике прослеживаются устойчивые тенденции, которые будут сказываться в долгосрочной перспективе на следующих характеристиках отрасли: энергобезопасность, продуктовые рынки, международные стандарты, технология и техника (рисунок 3).

Как отмечается во многих зарубежных исследованиях, заключение Парижского соглашения привело к тому, что многими специалистами атомная энергетика вновь стала восприниматься как наиболее привлекательная альтернатива, поскольку атомная электрогенерация, если обеспечивается безопасная эксплуатация АЭС, позволяет вырабатывать дешёвую электроэнергию с низкими выбросами углерода.

Международное энергетическое агентство (МЭА) представило прогноз развития энергетики на 2023 г. (World Energy Outlook) [19]. По оценкам организации, технологический прогресс приведет к существенному изменению глобальной энергетической системы к концу этого десятилетия. Волатильность энергетических рынков в условиях кризиса подчеркнула важность устойчивых поставок энергоресурсов, особенно в развивающихся странах, где наблюдается наибольший рост спроса на электроэнергию.

К 2030 г. доля ископаемого топлива в мировом энергобалансе снизится до 73%, доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) увеличится до 50%. Ожидается, что ВИЭ будут обеспечивать до 80% всех новых энергетических мощностей, из которых 50% будут составлять солнечные фотоэлектрические системы. С 2020 г. инвестиции в «зеленую» энергетику выросли на 40%. В числе основных факторов роста инвестиционной привлекательности устойчивых проектов – стремление достичь целей Парижского соглашения по снижению углеродного следа, повысить экономическую эффективность энергетической инфраструктуры, обеспечить диверсификацию энергоснабжения.

1. Энергобезопасность

Недостаточное финансирование обновления, технического перевооружения основных фондов генерирующих мощностей и объектов энергетической инфраструктуры усугубляет ситуацию старения и высокого износа энергетического оборудования во всем мире, включая самые богатые страны

2. Продуктовые рынки

Наметившийся во многих странах переход от рынка энергии к рынку комплексных услуг в области энергоснабжения, с новыми энергетическими технологиями, ведет к росту сектора энергосервисных компаний и услуг, увеличению инвестиций в малую распределенную энергетику.

3. Международные стандарты

Энергетический сектор обеспечивает около 40% антропогенных выбросов парниковых газов и существенный объем выбросов загрязняющих веществ, что делает его одним из ключевых участников реализации обязательств в рамках Парижского соглашения по климату.

4. Технология и техника

Ключевым направлением технологического развития отрасли являются комплексные решения на основе ВИЭ и развитие технологий, повышающих энергоэффективность. Одновременно наблюдается и изменение отношения к атомной электрогенерации, которая многими экспертами воспринимается как наиболее привлекательная альтернатива

Рисунок 3. Устойчивые тенденции, влияющие на основные характеристики отрасли

По прогнозам МЭА, мировое производство атомной энергии будет расти в среднем почти на 3% в год вплоть до 2026 года, а к 2025 году достигнет нового рекордного уровня. Более половины новых реакторов, которые, как ожидается, будут введены в эксплуатацию в течение прогнозируемого периода, находятся в Китае и Индии.

Рекордное производство электроэнергии из низкоэмиссионных источников, включая атомную энергетику, должно снизить роль ископаемого топлива в обеспечении электроэнергией домов и предприятий. Ожидается, что к 2026 году на долю низкоэмиссионных источников будет приходиться почти половина мирового производства электроэнергии, по сравнению с 39% в 2023 году. В своей обновленной дорожной карте Net Zero Roadmap, выпущенной в сентябре 2023 года, МЭА пересмотрело в сторону повышения роль атомной энергетики. В обновленном сценарии чистого нулевого выброса (NZE) мощность ядерной генерации увеличится более чем в два раза и достигнет 916 ГВт в 2050 году.

На конференции по изменению климата COP28, которая завершилась в декабре 2023 года, более 20 стран подписали совместную декларацию об увеличении мощности ядерной энергетики в три раза к 2050 году. В глобальном масштабе это будет означать добавление 740 ГВт ядерных мощностей к нынешним 370 ГВт.

Анализ трендов, разрабатываемых ведущими мировыми прогностическими центрами, показал, что в настоящее время в прогнозах долгосрочного развития глобальной энергетики, рассматривается целый ряд направлений технического развития и критических технологий, способных повлиять на энергетическую ситуацию уже в ближайшие десятилетия (рисунок 4). Спектр этих технологий чрезвычайно широк, и охватывает практически все аспекты производства, преобразования, транспорта, распределения и использова-

ния топлива и энергии. При этом на первый план выходит интеллектуализация энергетики и энергопотребления в целом. В электроэнергетике, по мнению специалистов МЭА, основными направлениями трансформаций являются: дальнейшее развитие и совершенствование возобновляемой и распределенной (децентрализованной) генерации и накопителей энергии вкупе с беспроводной технологией передачи энергии на дальние расстояния; электрификация автотранспорта и теплоснабжения; создание гибких энергосистем и цифровых систем электроснабжения; технологии, обеспечивающие улавливание, утилизацию и хранение/захоронение двуокиси углерода и др.

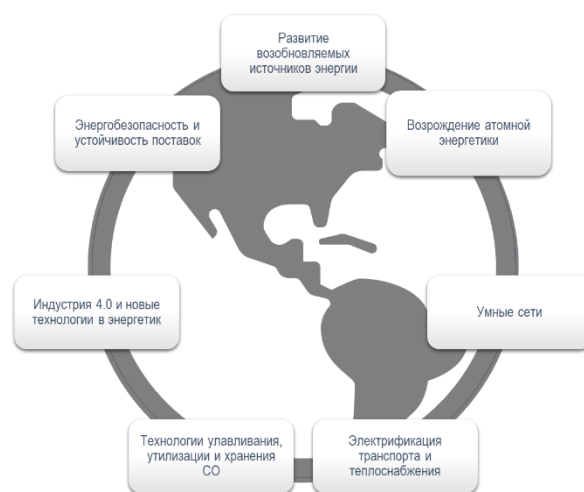


Рисунок 4. Направления технического развития и критических технологий, способных повлиять на энергетическую ситуацию уже в ближайшие десятилетия

В рамках проекта Clean Energy Technology Observatory Европейской комиссии (2024) было выявлено 77 новых технологий в энергетике, среди ко-

торых ЕС определил ключевые технологические тренды [20]. Применялся гибридный метод: интеллектуальная обработка текстов публикаций и патентов сочеталась с экспертной оценкой. Отчёт содержит описания технологий, информацию о ведущих странах по патентной активности и публикациям, а также сведения о государственной поддержке.

В 2024 году Китай подал 1,68 млн патентных заявок [21]. Китай использует патенты как индикатор приоритетных направлений развития технологий. Важно отметить, в Китае больше всего заявок на патенты подано в области генеративного искусственного интеллекта, машиностроения, управления информацией, компьютерных технологий, электротехники и медицинских технологий.

Согласно отчету ЕС и ВОИС, Китай занимает первое место по числу патентных заявок в энергетическом секторе, включая накопители энергии и «чистый уголь». Анализ отчета ЕС (2024) по методу RTA подтверждает лидерство Китая по системам накопления аккумулирующей энергии и формирование глобального технологического преимущества [22].

В США форсайт-исследования в энергетике применяются в рамках деятельности Министерства Энергетики и Национальной научной академии. Патенты (USPTO) и публикации (Web of Science) используются для прогнозирования технологических прорывов и определения направлений финансирования. Особое внимание уделяется «умным сетям», водороду и возобновляемым источникам энергии [23].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Энергетический форсайт 2024 года

Форсайт 2024 года отличался большей глубиной анализа и учётом внешних факторов – тарифной реформы, международных климатических обязательств, влияния СВАО, а также ускоренной цифровизации энергетики. Однако остаётся открытым вопрос: станет ли он инструментом реального изменения политики или повторит судьбу предыдущих циклов, ограничившись экспертным обсуждением.

Таким образом, ключевая исследовательская проблема заключается в противоречии между наличием долгосрочных прогнозов и стратегий и устойчивостью практики низкой энергоэффективности. Изуче-

ние этого разрыва позволяет не только оценить значимость форсайтов для Казахстана, но и выявить условия, при которых они могут стать действенным инструментом государственной политики.

В рамках форсайт-сессии проведено анкетирование среди отечественных и зарубежных экспертов, работающих в Казахстане по ключевым тематикам настоящего исследования. Основными требованиями к экспертам, привлекаемым для участия в форсайт-исследованиях, были: экспертный опыт, наличие ученой степени, статей, опыт участия в конференциях, в реализации проектов и программ. По его результату был разработан шаблон опросника Экспертного инсайта для проведения глубинных интервью с представителями науки и индустрии.

В опросе сектора энергетики приняли участие всего 125 экспертов и ученых, представителей более ста отечественных и двадцати пяти международных организации и компаний, работающих в Казахстане.

По результатам анкетирования в секторе энергетика были определены новые зарождающиеся технологии, которые могут оказать влияние в ближайшие 3–5 лет: альтернативные и возобновляемые источники энергии; традиционная энергетика; наноматериалы и технологии; системы хранения энергии; атомная энергетика; водородная энергетика; ИИ и IT технологии; ВИЭ.

Согласно проведенному анкетированию, были выявлены ключевые проблемные вопросы, препятствующие развитию инноваций и новых технологий в энергетическом секторе. Основные проблемы связаны с несовершенством нормативно-правовой базы, недостаточным финансированием, нехваткой квалифицированных кадров и слабой инфраструктурой для внедрения инноваций. В таблице 1 представлены краткое описание каждой проблемы и предложенные респондентами направления их решений.

Проведено 20 глубинных интервью с ведущими исследователями, имеющими высокие показатели публикационной активности, цитируемости, а также с представителями индустрии и отраслевых ассоциаций на уровне топ-менеджмента и ведущих сотрудников с опытом работы в направлении не менее 10 лет.

Таблица 1 Результаты анкетирования в части проблемных вопросов в секторе энергетика

Проблема	Описание	Основные направления решений
Нормативно-правовая база	Сложности с регулированием, отсутствие гибкости и учета международного опыта	Совершенствование законодательства; разработка новых НПА; упрощение лицензирования и сертификации; реформа тарифной политики; интеграция цифровых технологий.
Недостаток финансирования	Ограниченные ресурсы на НИОКР, низкая инвестиционная привлекательность	Привлечение инвестиций; государственная поддержка (гранты, субсидии); разработка новых финансовых инструментов (зеленые облигации, краудфандинг).
Недостаточная квалификация персонала	Низкий уровень подготовки специалистов для работы с новыми технологиями	Актуализация образовательных программ; стажировки и международное сотрудничество; финансовая поддержка; сотрудничество вузов с бизнесом.
Недостаточная инфраструктура	Недостаток лабораторий, технопарков и научных центров для тестирования и внедрения инноваций	Создание технопарков и лабораторий; международное сотрудничество; увеличение финансирования за счет госбюджета и частных инвестиций.

По результатам глубинных интервью экспертами были сформулированы ключевые вызовы:

- декарбонизация энергетики при значительной доле угольной генерации;
- стремительный ввод в эксплуатацию генерации ВИЭ при нехватке базовых и регулирующих мощностей;
- острый дефицит квалифицированных кадров и компетенций;
- высокий износ и устаревшая материально-техническая база энергетических предприятий.

При этом эксперты отмечают преодолимость данных вызовов при наличии политической воли последовательно трансформировать энергетику; энергетический переход должен проводиться с учетом особенностей энергетического сектора Казахстана, высокой доли угольной генерации, комбинированного производства тепла и электроэнергии. Необходимо строительство крупных энергоблоков на базе экибастуских углей, а также маневренных ПГУ. Государственная поддержка в финансировании новых проектов для обеспечения экологических требований. Использование чистых угольных технологий при строительстве новых и реконструкции действующих ТЭЦ. При строительстве ВЭС и СЭС обязательно использование систем накопления энергии. Эксперты отметили потенциал развития отрасли в последовательной трансформации энергетики в устойчивую, надежную, экологически безопасную отрасль.

Эксперты определили наиболее перспективные направления прикладных исследований и разработок в Казахстане:

- чистые угольные технологии, углехимия;
- повышение энергетической эффективности и экологической безопасности существующей энергетики;
- исследования в области водородных технологий;
- исследования в области ВИЭ, промышленных систем накопления энергии;
- исследования в области ядерной и термоядерной энергетики и материаловедения.

Серьезным ограничением, отмеченным многими экспертами, для развития научных исследований в энергетике является отсутствие развитой научно-технической инфраструктуры для проведения полноценных научных исследований в большинстве ВУЗов, отсутствие отраслевого НИИ, недостаток ученых и специалистов в области электро- и теплоэнергетики.

Из технологий наибольшую перспективу и эффект от внедрения эксперты отметили цифровые технологии и искусственный интеллект, парогазовые технологии, ВИЭ, когенерацию и тригенерацию, ядерные и термоядерные технологии, технологии утилизации низкопотенциального тепла, системы промышленного накопления энергии.

Бизнес должен генерировать запрос к научному сообществу через отраслевые НИИ, центры компетенций по ключевым технологиям, куда бизнес мог бы обратиться с вопросом о разработке и внедрении технологий.

В результате форсайт-исследования и с учетом мнения экспертного сообщества были определены стратегические направления развития науки в Казахстане (рисунок 5).



Финансирование

Увеличение объемов и продолжительности финансирования научных исследований. Внедрение механизма базового финансирования ВУЗовской науки.



Кадры

Увеличение количества исследователей. Создание условий для привлечения молодежи в науку. Создание условий для привлечения зарубежных исследователей. Увеличение объемов подготовки.



Коллаборация

Международное сотрудничество. Внутренняя коллаборация. Тесное сотрудничество научных организаций, ВУЗов и энергетических предприятий.



Направления развития исследований

Повышение энергетической и экологической эффективности энергетических систем. Альтернативные источники энергии, технологии, производство и преобразование энергии на основе возобновляемых источников. Производство топлива и энергии из органического сырья, водородная энергетика. Цифровая трансформация электро- и теплоэнергетики. Исследования в области ядерной и термоядерной энергетики



Инфраструктура

Развитие научной инфраструктуры. Создание научно-исследовательских институтов, исследовательских центров при ВУЗах энергетического направления.

Рисунок 5. Направления стратегии развития науки в энергетике в Казахстане

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Форсайт-исследования являются ключевым инструментом долгосрочного планирования и стратегирования в условиях глобальной трансформации энергетики. Опыт Казахстана показывает положительную динамику: от аналитических прогнозов 2013 года к управленческому инструменту формирования приоритетов науки в 2024 году. Однако для повышения их эффективности требуется институционализация форсайта как постоянного процесса, расширение методологии, укрепление связи с бизнесом и международной научной повесткой.

Таким образом, форсайт может и должен стать не только инструментом прогнозирования, но и драйвером формирования инновационной энергетической политики Казахстана. Его регулярное применение позволит не только своевременно адаптироваться к глобальным вызовам, но и сформировать собственные конкурентные преимущества в новой энергетической реальности.

Казахстан в настоящее время использует публикационные базы для выявления научных трендов, в то время как патенты учитываются суммарно, без детализации по секторам и видам технологий. Международная практика демонстрирует эффективность комплексного подхода: сочетание анализа публикационной активности и патентной аналитики, использование индекса RTA и методов text mining позволяют выявлять технологические тренды и определять долгосрочные приоритеты развития.

В следующих форсайт-исследованиях целесообразно включить патентный блок, интегрированный с анализом научных публикаций, с акцентом на:

- разбор по секторам и технологическим направлениям;
- отслеживание динамики заявок;
- интеграцию с публикационной активностью.

Применение такого метода в Казахстане позволит выявлять текущие и потенциальные технологические тренды. Так, если в научной литературе активно публикуются разработки по определённой теме, например, «умные сети», можно прогнозировать развитие данного направления при условии наличия финансирования и грантов для внедрения инноваций и получения патентов. Аналогично, анализ патентов позволяет определить технологических лидеров: если страна или компания занимает ведущие позиции по патентам в области атомных реакторов, это свидетельствует о перспективности и стратегическом приоритете разработки таких технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. The Global Innovation Index [Электронный ресурс]. <http://gtmarket.ru/ratings/global-innovation-index/info> [Дата обращения 10.09.2024]
2. The Knowledge Economy Index [Электронный ресурс]. <http://gtmarket.ru/ratings/knowledge-economy-index/knowledge-economy-index-info> [Дата обращения 10.09.2024]
3. Бушуев В.В. Место структурного прогнозирования в исследованиях энергетики будущего // VII Мелентьевские чтения «Прогнозирование развития мировой и российской энергетики: подходы, проблемы, решения», Москва, 2013.
4. Кононов Ю.Д. Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК / Ю.Д. Кононов – Новосибирск: Наука, 2015. – 147 с.
5. Бассей М. Концептуальные основы и эффекты Форсайт-исследований: классификация и практическое применение / М. Бассей // Форсайт. – 2013. – № 3. – С. 64–73.
6. Вечкинзова Е.А. Перспективы развития ИТ-сектора Казахстана: взгляд форсайта // Друкеровский вестник. – 2021. – № 4 – С. 219–231.
7. Hajizadeh, D. Valliere Entrepreneurial foresight: discovery of future opportunities // Futures. – 2022. – No. 135, Article 102876. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102876>
8. Petrenko, Y., Denisov, I., Metsik, O. Foresight Management of National Oil and Gas Industry Development // Energies. – 2022, – No. 15(2). – P. 491. <https://doi.org/10.3390/en15020491>
9. Афанасьева М.В. Методологические основы и перспективы развития прогнозирования и форсайта как основы структурных исследований в энергетике // Драйверы энергетики: инновации и передовые технологии. – 2014. – Вып. 6. – С. 22–31.
10. Ahamer G. Applying Global Databases to Foresight for Energy and Land Use: The GCDB Method // Foresight and STI Governance. – 2018. – Vol. 12, No. 4. – P. 46–61. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.4.46.61>
11. Концепция развития электроэнергетической отрасли Республики Казахстан на 2023–2029 годы. Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 марта 2023 года № 263.
12. Системные исследования в энергетике: энергетический переход / Под ред. Н.И. Воропая и А.А. Макарова. – ИСЭМ СО РАН, 2021. – 594 с.
13. Энергетический переход в Казахстане – назад в устойчивое будущее // PwC Kazakhstan. Аналитический обзор. – 2022. – 66 с.
14. Национальный энергетический доклад. Kazenergy. – 2023 г. – 280 с.
15. Бушуев В.В. Развитие электроэнергетики: стратегический и постстратегический форсайт // Энергетическая политика. – 2017. – № 6. – С. 3–15.
16. Bakranova Dina, Serikkanov Abay, Dzhumadildaev Askar, Orazaliyev Kanat. 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 // NNC RK Bulletin. – 2024. – No. 1. – P. 4–12. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-1-4-12>
17. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан [Электронный ресурс] – <https://stat.gov.kz/ru/> [Дата обращения 10.09.2024]
18. Национальный доклад по науке. – Астана–Алматы. – 2023. – 266 с.

19. Возобновляемая энергетика в России и мире. Краткий обзор // Российское энергетическое агентство. – 2022. – 104 с. <https://rosenergo.gov.ru>
 20. Clean Energy Technology Observatory: Carbon Capture, Utilisation and Storage in the European Union – 2024 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets. <https://doi.org/10.2760/0287566>
 21. Иванова И.А., Клыпин А.В. Китай превращает патенты в двигатель экономики // Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ. – 2025. Доступно по ссылке: <https://issek.hse.ru/news/1048065732.html>
 22. China ranks first globally in number of invention patent applications in 2023, says World Intellectual Property Organization // Global Times. – 2024. Доступно по ссылке: <https://www.globaltimes.cn/page/202411/1322624.shtml>
 23. 2024 U.S. Patent Roundup: USPTO Grants and Filings // Parola Analytics. – 2024. Доступно по ссылке: <https://parolaanalytics.com/?lr=2024-us-patent-roundup-uspto-grants-and-filings>
- REFERENCES**
1. The Global Innovation Index [Electronic resource]. <http://gtmarket.ru/ratings/global-innovation-index/info> [Date of access 10.09.2024]
 2. The Knowledge Economy Index [Electronic resource]. <http://gtmarket.ru/ratings/knowledge-economy-index/knowledge-economy-index-info> [Date of access 10.09.2024]
 3. Bushuev V.V. Mesto strukturnogo prognozirovaniya v issledovaniyakh energetiki budushchego // VII Melent'evskie chteniya "Prognozirovaniye razvitiya mirovoy i rossiyskoy energetiki: podkhody, problemy, resheniya", Moscow, 2013.
 4. Kononov Yu.D. Puti povysheniya obosnovannosti dolgosrochnykh prognozov razvitiya TEK / Yu.D. Kononov – Novosibirsk: Nauka, 2015. – 147 p.
 5. Bassey M. Kontseptual'nye osnovy i efekty Forsayt-issledovaniy: klassifikatsiya i prakticheskoe primeneniye / M. Bassey // Forsayt. – 2013. – No. 3. – P. 64–73.
 6. Vechkinzova E.A. Perspektivy razvitiya IT-sektora Kazakhstana: vzglyad forsayta // Drukerovskiy vestnik. – 2021. – No. 4 – P. 219–231.
 7. Hajizadeh, D. Valliere Entrepreneurial foresight: discovery of future opportunities // Futures. – 2022. – No. 135, Article 102876. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102876>
 8. Petrenko, Y., Denisov, I., Metsik, O. Foresight Management of National Oil and Gas Industry Development // Energies. – 2022. – No. 15(2). – P. 491. <https://doi.org/10.3390/en15020491>
 9. Afanas'eva M.V. Metodologicheskie osnovy i perspektivy razvitiya prognozirovaniya i forsayta kak osnovy strukturnykh issledovaniy v energetike // Drayvery energetiki: innovatsii iпередovye tekhnologii. – 2014. – Iss. 6. – P. 22–31.
 10. Ahamer G. Applying Global Databases to Foresight for Energy and Land Use: The GCDB Method // Foresight and STI Governance. – 2018. – Vol. 12, No. 4. – P. 46–61. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.4.46.61>
 11. Kontseptsiya razvitiya elektroenergeticheskoy otrasli Respubliki Kazakhstan na 2023–2029 gody. Utverzhdena postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 28 marta 2023 goda No. 263.
 12. Sistemnye issledovaniya v energetike: energeticheskiy perekhod / Pod red. N.I. Voropaya i A.A. Makarova. – ISEM SO RAN, 2021. – 594 p.
 13. Energeticheskiy perekhod v Kazakhstane – nazad v ustoychivoe budushchee // PwC Kazakhstan. Analiticheskiy obzor. – 2022. – 66 p.
 14. Natsional'nyy energeticheskiy doklad. Kazenergy. – 2023 g. – 280 s.
 15. Bushuev V.V. Razvitie elektroenergetiki: strategicheskiy i poststrategicheskiy forsayt // Energeticheskaya politika. – 2017. – No. 6. – P. 3–15.
 16. Bakranova Dina, Serikkanov Abay, Dzhumadildaev Askar, Orazaliyev Kanat. 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 // NNC RK Bulletin. – 2024. – No. 1. – P. 4–12. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-1-4-12>
 17. Byuro natsional'noy statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniyu i reformam Respubliki Kazakhstan [Electronic resource] – <https://stat.gov.kz/ru/> [Date of access 10.09.2024]
 18. Natsional'nyy doklad po nauke. – Astana–Almaty. – 2023. – 266 p.
 19. Vozobnovlyayemaya energetika v Rossii i mire. Kratkiy obzor // Rossiyskoe energeticheskoe agentstvo. – 2022. – 104 p. URL: <https://rosenergo.gov.ru>
 20. Clean Energy Technology Observatory: Carbon Capture, Utilisation and Storage in the European Union – 2024 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets. <https://doi.org/10.2760/0287566>
 21. Ivanova I.A., Klypin A.V. Kitay prevrashchaet patenty v dvigatel' ekonomiki // Institut statisticheskikh issledovaniy i ekonomiki znaniy NIU VShE. – 2025. URL: <https://issek.hse.ru/news/1048065732.html>
 22. China ranks first globally in number of invention patent applications in 2023, says World Intellectual Property Organization // Global Times. – 2024. URL: <https://www.globaltimes.cn/page/202411/1322624.shtml>
 23. 2024 U.S. Patent Roundup: USPTO Grants and Filings // Parola Analytics. – 2024. URL: <https://parolaanalytics.com/?lr=2024-us-patent-roundup-uspto-grants-and-filings>

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ «ЭНЕРГЕТИКА» БАҒЫТЫ БОЙЫНША ФОРСАЙТ
ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ: ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТӘЖІРИБЕ ЖӘНЕ ҰЛТТЫҚ ПЕРСПЕКТИВАЛАР

А. С. Серикканов^{1*}, Л. Д. Байсейіт², М. Э. Қалменов³, А. А. Кибарин⁴,
Е. В. Шевченко¹, А. А. Өмірбекова⁵, С. С. Верендеев⁶

¹ Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Қазақстан Республикасының
Ұлттық ғылым академиясы, Алматы, Қазақстан

² Қазақ-неміс университеті, Алматы, Қазақстан

³ «Электр энергетикасын дамыту және энергия үнемдеу институты
(Қазақэнергосарптама)» АҚ, Астана, Қазақстан

⁴ Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

⁵ Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

⁶ Manul Technologies ЖШС, Астана, Қазақстан

* Байланыс үшін E-mail: a.serikkanov@gmail.com

Мақалада энергетика саласындағы форсайт-зерттеулердің рөлі, әсіресе Қазақстанға баса назар аударатын қарастырылады. Энергетика экономикалық өсудің, технологиялық жаңғыртудың және экологиялық тұрақтылықтың негізгі факторы ретінде айқындалады. Қазақстандағы энергетика секторының екіжақты рөлі атап өтіледі: бір жағынан, ол ұлттық экономиканың және экспорттың тірегі болса, екінші жағынан – тозған инфрақұрылыммен, жоғары энергия сыйымдылығымен және қазбалы отынға тәуелділікпен байланысты тәуекелдердің көзі болып табылады. Зерттеу әдістемесіне халықаралық үрдістерді талдау, сараптамалық сауалнамалар мен ғалымдар және саланың өкілдерімен жүргізілген тереңдетілген сұхбаттар кірді. Алынған нәтижелер төмен көміртекті және цифрлық энергетикаға жаһандық көшуге сәйкес келетін ғылыми зерттеулер мен технологиялардың басым бағыттарын айқындауға мүмкіндік берді. Зерттеу қорытындылары ұлттық инновациялық саясатты қалыптастыру және Қазақстанның ұзақ мерзімді бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: форсайт зерттеулері, электр энергетикасы, қайта жандандырылатын энергия, «жасыл» экономика, форсайт әдістері.

RESULTS OF THE FORESIGHT STUDY IN THE FIELD OF “ENERGY” IN THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND NATIONAL PERSPECTIVES

A. S. Serikkanov^{1*}, L. D. Baiseit², M. E. Kalmenov³, A. A. Kibarin⁴,
Ye. V. Shevchenko¹, A. A. Omirbekova⁵, S. S. Verendeyev⁶

¹ National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan
under the President of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

² Kazakh-German University, Almaty, Kazakhstan

³ JSC “Institute for Development of Electric Power Industry and Energy Saving
(Kazakhenergoexpertiza)”, Astana, Kazakhstan

⁴ Almaty University of Power Engineering and Telecommunications
named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Kazakhstan

⁵ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

⁶ Manul Technologies Ltd., Astana, Kazakhstan

* E-mail for contacts: a.serikkanov@gmail.com

The article examines the role of foresight studies in the energy sector, with a particular focus on Kazakhstan. Energy is defined as a key factor of economic growth, technological modernization, and environmental sustainability. The dual role of Kazakhstan’s energy sector is emphasized: on the one hand, it serves as the foundation of the national economy and exports; on the other hand, it is a source of risks associated with outdated infrastructure, high energy intensity, and dependence on fossil fuels.

The research methodology included an analysis of international trends, expert surveys, and in-depth interviews with scientists and industry representatives. The obtained results made it possible to identify priority areas of scientific research and technologies aligned with the global transition toward low-carbon and digital energy. The findings of the study can be used to develop national innovation policy and enhance the long-term competitiveness of Kazakhstan.

Keywords: foresight studies, electric power industry, renewable energy, “green” economy, foresight methods.