

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА: КАК ТЕХНОЛОГИИ СТРЕМЯТСЯ К ЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ БУДУЩЕГО

Nelyufar Umarovna Dadabayeva

TDTU transport iqtisodiyoti kafedrasida katta o'qituvchisi

ORCID: 0000-0005-8002-1323. Адрес и место работы: Узбекистан, г. Ташкент, мирабадский район, улица Темирийулчилар, дом 1 (Uzbekistan, Tashkent, Mirabad district, Temirulchilar street, building 1).

nelyufardadabayeva@gmail.com.

+998501001101 +998935332244 nelyufar2021@mail.ru

Abdug'aniyev Azizbek Xolmat o'g'li

TDTU RIQ-3 guruhi o'qituvchisi

abduganiyevazizrr@gmail.com

+998950663015 grogu7587@gmail.com

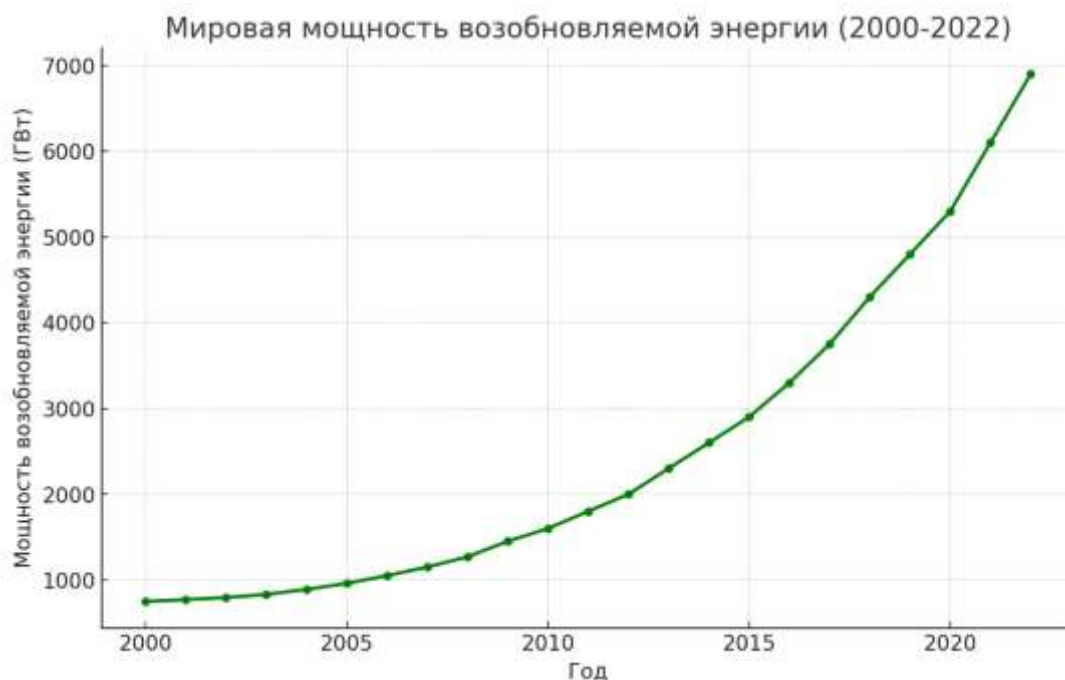
Аннотация. *Переход к чистой энергии представляет собой глобальную задачу, направленную на борьбу с изменением климата, повышение энергетической безопасности и содействие устойчивому экономическому развитию. Это движение характеризуется значительным сдвигом в сторону возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая и водородная энергия, которые становятся все более жизнеспособными благодаря существенному снижению затрат и повышению эффективности. В 2021 году возобновляемые источники энергии обеспечили 73% глобального роста мощности производства электроэнергии, что отражает более широкую тенденцию стран к отказу от ископаемых видов топлива в пользу более экологически чистых альтернатив.*

Ключевые слова. *Экологически чистая энергетика, изменение климата, экономическое развитие, возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, ветровая энергия, водородная энергия, ископаемое топливо, энергетические технологии, фотоэлектрические системы, ветряные станции, хранение энергии, «Зелёная» экономика, декарбонизация.*

Abstract. The transition to clean energy represents a global challenge aimed at combating climate change, enhancing energy security, and promoting sustainable economic development. This movement is characterized by a significant shift towards renewable energy sources, such as solar, wind, and hydrogen energy, which are becoming increasingly viable due to substantial cost reductions and improvements in efficiency. In 2021, renewable energy accounted for 73% of the global increase in

power generation capacity, reflecting a broader trend of countries moving away from fossil fuels in favor of more environmentally friendly alternatives.

Keywords. *Clean energy, climate change, economic development, renewable energy sources, solar energy, wind energy, hydrogen energy, fossil fuels, energy technologies, photovoltaic systems, wind farms, energy storage, green economy, decarbonization.*



Significant advancements in clean energy technologies, particularly in the realm of photovoltaic (PV) systems and offshore wind farms, underscore their critical role in reshaping the energy landscape. Projections indicate that by 2028, renewable energy sources will comprise over 42% of global electricity generation, with solar PV and wind energy playing leading roles.

Furthermore, innovative technologies such as energy storage and smart electrification are essential for integrating variable renewable energy sources into existing power grids, ensuring stable and reliable energy supply.

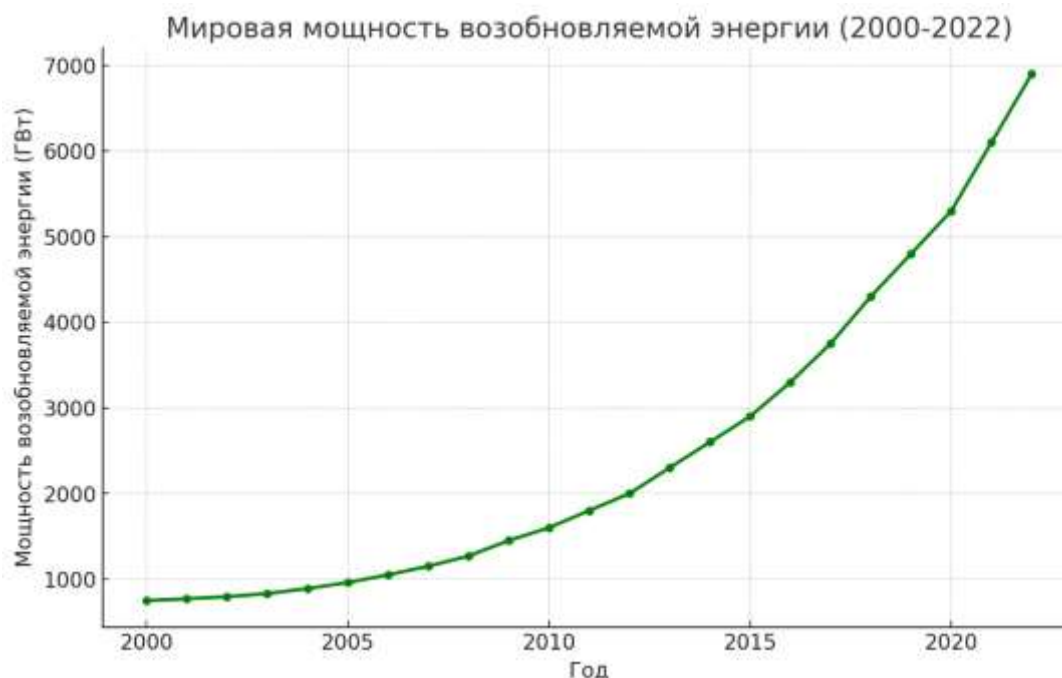
International cooperation and policy mechanisms also play a pivotal role in facilitating the transition to a green economy. Key global agreements, including the Paris Agreement and COP conferences, aim to coordinate efforts to reduce greenhouse gas emissions and attract investments in clean energy technologies. However, challenges remain, including regulatory barriers, financial constraints, and public perception, which may hinder progress towards achieving ambitious climate goals.

As the world strives for a sustainable energy future, both opportunities and challenges arise along the way. To overcome these obstacles and unlock the potential of clean energy, which will benefit all communities and contribute to combating

climate change, continuous technological innovation, strategic planning, and global cooperation are essential.

Ведение.

Переход к экологически чистой энергетике представляет собой глобальную задачу, направленную на борьбу с изменением климата, повышение энергетической безопасности и содействие устойчивому экономическому развитию. Это движение характеризуется значительным сдвигом в сторону возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая и водородная энергия, которые становятся всё более жизнеспособными благодаря значительному снижению затрат и повышению эффективности. В 2021 году на возобновляемые источники энергии пришлось 73% мирового прироста мощностей электростанций, что отражает более широкую тенденцию отказа стран от ископаемого топлива в пользу более экологичных альтернатив.



Заметные достижения в области экологически чистых энергетических технологий, в частности в сфере фотоэлектрических (PV) систем и морских ветряных электростанций, подчёркивают их важнейшую роль в изменении энергетического ландшафта. По прогнозам, к 2028 году возобновляемые источники энергии будут составлять более 42% мирового производства электроэнергии, при этом солнечная фотоэлектрическая и ветровая энергия будут играть ведущую роль. Кроме того, инновационные технологии, такие как хранение энергии и «умная» электрификация, необходимы для интеграции переменных возобновляемых источников энергии в существующие электросети, обеспечивая стабильное и надёжное энергоснабжение.

Международное сотрудничество и политические механизмы также играют важнейшую роль в содействии переходу к «зелёной» экономике. Ключевые глобальные соглашения, в том числе Парижское соглашение и конференции COP, направлены на координацию усилий по сокращению выбросов парниковых газов и привлечение инвестиций в экологически чистые энергетические технологии. Однако сохраняются проблемы, в том числе нормативные барьеры, финансовые ограничения и общественное мнение, которые могут препятствовать прогрессу в достижении амбициозных климатических целей.

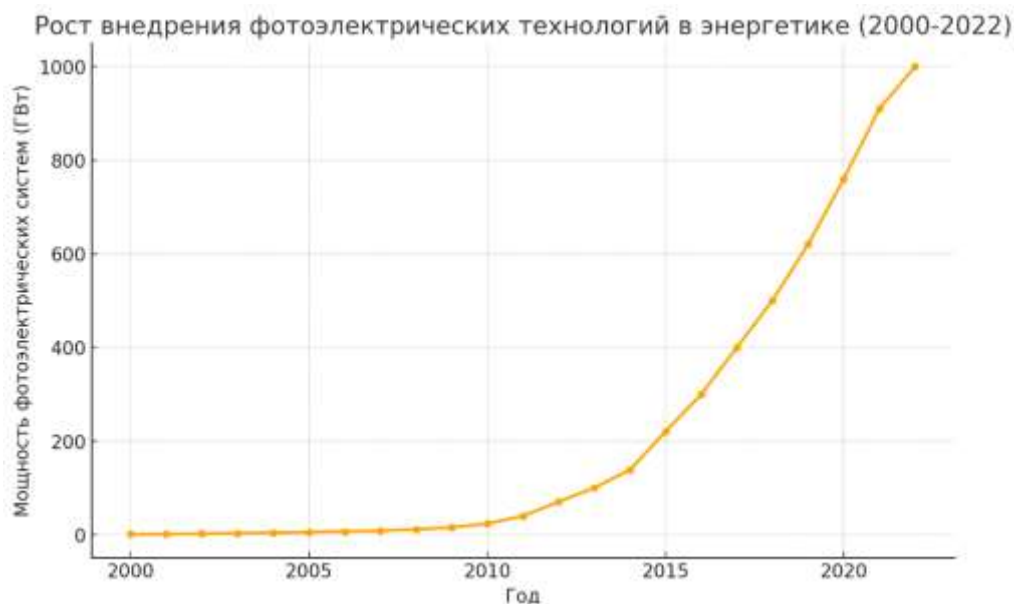
По мере того, как мир стремится к устойчивому энергетическому будущему, на пути к нему возникают как возможности, так и проблемы. Для преодоления этих препятствий и реализации потенциала экологически чистой энергетики, которая принесёт пользу всем сообществам и будет способствовать борьбе с изменением климата, необходимы постоянные технологические инновации, стратегическое планирование и глобальное сотрудничество.

Исторический контекст. На переход к экологически чистой энергетике повлиял ряд значительных изменений в энергетических технологиях, политике и динамике рынка. Постепенное снижение стоимости электроэнергии, вырабатываемой из возобновляемых источников, сделало их самым экономичным выбором для производства электроэнергии во многих регионах. Например, в 2021 году более 163 гигаватт (ГВт) мощностей, вырабатываемых из возобновляемых источников, производили электроэнергию по более низкой цене, чем самые дешёвые источники на основе ископаемого топлива, что составило 73% от общего прироста мощностей, вырабатываемых из возобновляемых источников, в том году.

Этот сдвиг отражает более широкую историческую тенденцию к внедрению технологий возобновляемой энергетики по мере того, как мир борется с изменением климата и ищет устойчивые энергетические решения.

Фотоэлектрические источники энергии

Фотоэлектрическая (ФЭ) технология была в авангарде этой революции в области чистой энергии. ФЭ-технология, впервые разработанная в середине XX века, претерпела значительные усовершенствования, которые значительно повысили её эффективность и доступность. По прогнозам, к 2028 году на возобновляемые источники энергии, в том числе на солнечную ФЭ-энергию, будет приходиться более 42% мирового производства электроэнергии, а доля ветряных и солнечных ФЭ-технологий, как ожидается, удвоится и составит 25%.



Вот график, демонстрирующий рост внедрения фотоэлектрических (ФЭ) технологий в сфере энергодобычи с 2000 по 2022 год. Этот тренд отражает активное увеличение установленной мощности солнечных панелей, особенно после 2010 года, когда их стоимость стала снижаться, а эффективность — расти. Этот рост подчёркивает растущую зависимость от солнечной энергии как ключевого компонента экологически чистой энергетики.

Роль политики и международного сотрудничества

Исторический контекст перехода к чистой энергетике также включает в себя влияние международной политики и соглашений. Такие мероприятия, как конференции COP, сыграли решающую роль в формировании глобальных обязательств по сокращению выбросов парниковых газов и расширению использования возобновляемых источников энергии. Например, во время COP28 в ходе обсуждений подчёркивалась необходимость справедливого перехода, хотя ключевые элементы, касающиеся социальной справедливости и трудовых прав, столкнулись с трудностями в ходе переговоров. Способность стран сотрудничать и согласовывать свою энергетическую политику сыграла важную роль в глобальном переходе к экологически чистым источникам энергии.

Технологические достижения и перспективы на будущее

Заглядывая в будущее, нельзя не отметить важность технологий для обеспечения энергетической безопасности и стабильности энергосистемы. Поскольку возобновляемые источники энергии, такие как энергия ветра и солнца, по своей природе нестабильны, для обеспечения надёжного энергоснабжения потребуются достижения в области прогнозирования и технологий хранения энергии. Такие инструменты, как платформа прогнозирования возобновляемых источников энергии IBM, показывают, как инновационные технологии могут повысить предсказуемость

производства возобновляемой энергии, тем самым упрощая её интеграцию в существующие энергосистемы. Более того, ожидается, что переход на экологически чистую энергию будет продолжаться, и, согласно прогнозам, к 2050 году возобновляемые источники энергии могут обеспечить 77% от общего объёма первичной энергии в соответствии со сценарием 1,5°C.

Типы технологий с чистой энергией. Технологии чистой энергетики являются важнейшими составляющими перехода к устойчивому энергетическому будущему. Они включают в себя широкий спектр инноваций, направленных на сокращение выбросов парниковых газов и повышение эффективности производства и потребления энергии.

Морская ветроэнергетика. Морская ветроэнергетика становится важным источником экологически чистой электроэнергии, способным к 2050 году вырабатывать до 8% электроэнергии в Соединённых Штатах. Этот потенциал зависит от множества факторов, в том числе от строгой политики декарбонизации и низкой стоимости технологий, которые могут обеспечить от 30 до 250 гигаватт (ГВт) мощности морской ветроэнергетики.

Возможность такого внедрения повышается благодаря нормативно-правовой базе, которая отдаёт предпочтение морским установкам, а не наземным альтернативам, особенно в сценариях со строгими правилами зонирования для наземных возобновляемых источников энергии.

Производство водорода. Водород считается важнейшим элементом для декарбонизации таких трудно поддающихся сокращению выбросов отраслей, как судоходство, авиация и тяжёлая промышленность. В настоящее время для производства водорода в основном используются природный газ и уголь, что приводит к значительным выбросам углерода. Электролизёры, преобразующие электричество в водород, представляют собой перспективную технологию для производства чистого водорода из низкоуглеродной электроэнергии. Этот переход необходим для сокращения значительных выбросов CO₂ в объёме 800 миллионов тонн, связанных с производством водорода, что эквивалентно выбросам таких крупных стран, как Великобритания и Индонезия, вместе взятых.

Фотоэлектрические системы. Достижения в области фотоэлектрических солнечных батарей (ФСБ) значительно повысили их эффективность и доступность, сделав солнечную энергию более выгодным вариантом для различных сфер применения, включая бытовое, коммерческое и промышленное использование.

Разработка высокоэффективных солнечных батарей из кристаллического кремния (c-Si), которые преобразуют более 20% солнечной энергии в

электричество, является заметным достижением в этой области. Кроме того, изучаются новые материалы, такие как перовскиты, для повышения эффективности, а инновации в производственных процессах, как ожидается, ещё больше снизят затраты, повысив конкурентоспособность солнечной энергии как основного возобновляемого источника.

Технологии накопления энергии. Решения для хранения энергии, в частности литий-ионные аккумуляторы, играют важнейшую роль в интеграции возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра и солнца, в системы электроснабжения. Резкое снижение цен на аккумуляторы ускорило внедрение электромобилей и расширило их использование в энергосистемах для поддержки интеграции возобновляемых источников энергии и аккумуляторы, и электролизеры необходимы для преобразования и хранения энергии, что делает энергетическую сеть более гибкой и устойчивой и позволяет достичь климатических целей в будущем.

Инновации и достижения Обзор технологических инноваций
Инновации в области экологически чистых энергетических технологий жизненно важны для перехода к устойчивому энергетическому будущему. Например, в секторе морских ветряных электростанций происходят значительные улучшения, поскольку заинтересованные стороны тесно сотрудничают с такими организациями, как Offshore Renewable Energy Catapult (OREC), для оценки приоритетов инноваций на протяжении всего жизненного цикла проекта. Такой комплексный подход даёт рекомендации новаторам, цепочкам поставок и организациям государственного сектора, а также позволяет решать насущные проблемы, такие как радиолокационные помехи и экологические ограничения.

Электромобили и аккумуляторные технологии

Электромобили (EV) находятся в авангарде декарбонизации транспортного сектора, используя возобновляемые источники энергии, интегрированные в энергосистемы. Быстрому распространению электромобилей способствует расширение ассортимента моделей и повышение интереса потребителей, в значительной степени обусловленное стимулирующей политикой. Однако для внедрения электромобилей необходима развитая инфраструктура зарядки, которая включает в себя вопросы размещения и доступности в общественных местах. По мере роста продаж электромобилей растёт и спрос на аккумуляторы, при этом наблюдается значительное снижение их стоимости — примерно с 1200 долларов США за киловатт-час в 2010 году до 132 долларов США за киловатт-час в 2021 году, а затем до 151 доллара США в 2022 году. Эти достижения подчёркивают важность постоянных инноваций в области аккумуляторных технологий, направленных на повышение плотности

энергии, безопасности и возможностей быстрой зарядки, а также на поиск компромиссов между критериями производительности.

Интеграция возобновляемых источников энергии и интеллектуальная электрификация

Интеграция возобновляемых источников энергии в электросети сопряжена с уникальными трудностями, поскольку традиционные электросети были спроектированы для централизованного производства электроэнергии. Для использования возобновляемой энергии, вырабатываемой в разное время, требуются значительные инвестиции в управление электросетями и инфраструктуру, которые, по прогнозам, к 2050 году составят 22,4 триллиона долларов США, при этом основная часть средств будет направлена на расширение электрических сетей.

Кроме того, инновации в стратегиях «умной» электрификации имеют решающее значение для улучшения интеграции возобновляемых источников энергии, снижения пиковых нагрузок и устранения перегрузок в сети. В отчётах, посвящённых ключевым инновациям в этой области, описываются стратегии, включающие хранение энергии и реагирование на спрос, которые необходимы для объединения электроэнергетического сектора с отоплением, зарядкой электромобилей и производством экологически чистого водорода.

Устранение основных источников выбросов

Для декарбонизации таких сложных отраслей, как судоходство, авиация и тяжёлая промышленность, требуется разработка новых технологий. Путь к инновациям в этих отраслях зачастую долог, что требует ускоренного прогресса для быстрого вывода на рынок новых технологий с низким уровнем выбросов. Значительная часть выбросов приходится на отрасли, в которых существующие технологии для достижения нулевого уровня выбросов ограничены, что подчёркивает необходимость постоянных исследований и разработок.

Политика и отраслевые стратегии

Национальные стратегии промышленной трансформации играют ключевую роль в развитии экологически чистых технологий. Например, стратегия декарбонизации промышленности Великобритании направлена на сокращение промышленных выбросов на две трети к 2035 году и как минимум на 90% к 2050 году. Основное внимание уделяется энергоэффективности, электрификации и использованию водорода и биоэнергии.

Поскольку страны стремятся достичь климатической цели МГЭИК в 1,5 °C, взаимодополняющие переходы в электрификации и энергоэффективности на основе возобновляемых источников энергии представляют собой жизнеспособный путь. Эти переходы не только повышают энергетическую

безопасность и доступность по цене, но и позиционируют возобновляемые источники энергии как все более конкурентоспособную альтернативу ископаемому топливу, потенциально снижая зависимость от импорта энергии.

Глобальные инициативы и политика

Переход к чистому энергетическому будущему основан на множестве глобальных инициатив и стратегий, направленных на укрепление международного сотрудничества и ускорение внедрения технологий возобновляемой энергетики. Для организации справедливого перехода, который не только укрепит международные финансовые потоки, но и гарантирует, что ни одна страна или сообщество не останется в стороне, необходима комплексная глобальная политическая платформа.

Международное сотрудничество

Международное сотрудничество в энергетическом секторе всё чаще признаётся критически важным для достижения глобальных климатических целей. Странам «Большой двадцатки», на долю которых приходится большая часть глобальных выбросов, настоятельно рекомендуется укреплять сотрудничество и повышать свои климатические амбиции, чтобы поддержать развивающиеся страны в отказе от устаревших энергетических систем и нецелесообразных инвестиций.

По мере того как страны стремятся выполнить свои обязательства по таким соглашениям, как Парижское соглашение, особое внимание уделяется обмену знаниями и передовым опытом между первопроходцами, что позволяет странам, которые «быстро следуют за лидерами», оперативно внедрять эффективные энергетические решения.

Инвестиции в возобновляемые технологии

Для удовлетворения будущих потребностей в энергии требуются значительные инвестиции в различные возобновляемые технологии. Например, до 2050 года в солнечную фотоэлектрическую энергетику (СФЭ) планируется инвестировать в среднем 333 миллиарда долларов США в год, в то время как в наземную и морскую ветроэнергетику потребуется инвестировать 356 миллиардов долларов США и 283 миллиарда долларов США в год соответственно.

Кроме того, по оценкам, потребуется ежегодно инвестировать более 400 миллиардов долларов США в различные возобновляемые источники энергии, включая гидроэнергетику, биоэнергетику и геотермальную энергию.

Политические инструменты и стратегии внедрения

Для содействия расширению мощностей, использующих возобновляемые источники энергии, необходима специальная политика внедрения. Эта политика

должна учитывать особенности различных регионов, в том числе уровень развития их энергетических секторов и более широкие политические цели.

Например, требования по непосредственному использованию возобновляемых источников энергии в зданиях и внедрение сетей централизованного теплоснабжения и охлаждения могут значительно повысить целесообразность и экономическую эффективность использования возобновляемых источников энергии в городских районах.

Кроме того, обязательства, взятые на себя странами-участницами на таких мероприятиях, как 27-я Конференция ООН по изменению климата (COP27), должны быть трансформированы в действенные национальные стратегии, устанавливающие конкретные цели в области возобновляемых источников энергии и включающие необходимые правила и меры для привлечения финансирования.

Неспособность сократить разрыв в уровне выбросов, прогнозируемый на 2050 год, может поставить под угрозу цель ограничения повышения глобальной температуры 1,5°C.

Продвижение мер экономики замкнутого цикла

Внедрение принципов экономики замкнутого цикла в рамках промышленных планов также имеет решающее значение для достижения множества целей в области устойчивого развития. Например, меры, направленные на повышение энергоэффективности и использование экологически чистых источников энергии в химическом секторе, могут внести значительный вклад в декарбонизацию.

Правительствам рекомендуется ставить измеримые цели и координировать внедрение возобновляемых источников энергии в энергетическом секторе, чтобы способствовать принятию незамедлительных и долгосрочных мер.

Проблемы и барьеры

Переход к экологически чистой энергетике сопряжён с различными трудностями и препятствиями, которые мешают прогрессу. Эти препятствия можно условно разделить на нормативные, технологические, финансовые и социальные.

Проблемы регулирования

Одной из серьёзных проблем в сфере регулирования экологически чистой энергетики является процесс получения разрешений на новые проекты. Например, для строительства морских ветряных электростанций необходимо получить в среднем семь различных разрешений, прежде чем можно будет приступить к строительству, что часто приводит к длительным срокам ожидания — около 2,25 лет.

Централизованный подход к выдаче разрешений может предоставить правительствам полную свободу действий, но также может создавать бюрократические препятствия, которые задерживают начало реализации проекта. И наоборот, децентрализованный подход позволяет разработчикам в большей степени контролировать процесс, но по-прежнему сталкивается с такими проблемами, как противодействие заинтересованных сторон и опасения по поводу воздействия на окружающую среду.

Кроме того, интеграции возобновляемых источников энергии в существующие сети препятствует устаревшая нормативно-правовая база, которая не учитывает уникальные характеристики возобновляемых источников, такие как их изменчивость и децентрализованный характер.

Технологические барьеры

Технологические препятствия также создают серьёзные проблемы для перехода к экологически чистой энергетике. Высокая стоимость и ограниченный доступ к передовым технологиям могут препятствовать широкому внедрению решений для экономики замкнутого цикла, которые имеют решающее значение для сокращения отходов и обеспечения устойчивого развития.

Кроме того, отсутствие достаточной межрегиональной инфраструктуры передачи электроэнергии ограничивает возможности транспортировки возобновляемой энергии через границы государств, тем самым снижая общую мощность систем экологически чистой энергетике.

Финансовые и экономические барьеры

Финансовые ограничения представляют собой ещё одно препятствие на пути развития экологически чистой энергетике. Несмотря на то, что многие страны обновили свои определяемые на национальном уровне вклады (ОНУВ), чтобы отразить более амбициозные цели в области климата, достижению этих целей часто препятствует недостаточное финансирование и инвестиции в проекты в области экологически чистой энергетике.

Правительствам необходимо внедрять финансовые стимулы и механизмы поддержки для привлечения частных инвестиций в возобновляемые технологии и инфраструктуру, что может быть непросто, учитывая конкурирующие требования к государственным бюджетам.

Социальные и политические барьеры

Принятие обществом проектов по использованию чистой энергии является ещё одним важным препятствием. Общественное противодействие может быть вызвано опасениями по поводу воздействия на окружающую среду, землепользования и изменений в местной экономике. Например, заинтересованные стороны в различных регионах выступают против новых проектов по использованию возобновляемых источников энергии, ссылаясь на

опасения по поводу ущерба, который они могут нанести местным сообществам и источникам дохода.

Активизм, связанный с проблемами климата, часто вступает в противоречие с государственной политикой и нормативно-правовой базой, что приводит к напряжённости, которая может препятствовать утверждению и реализации проектов. Кроме того, политическая обстановка играет важную роль в формировании инициатив в области чистой энергетики. Политические разногласия могут приводить к несогласованности в направлениях политики, что приводит к замедлению прогресса или отсутствию последовательной стратегии в стремлении к чистому энергетическому будущему.

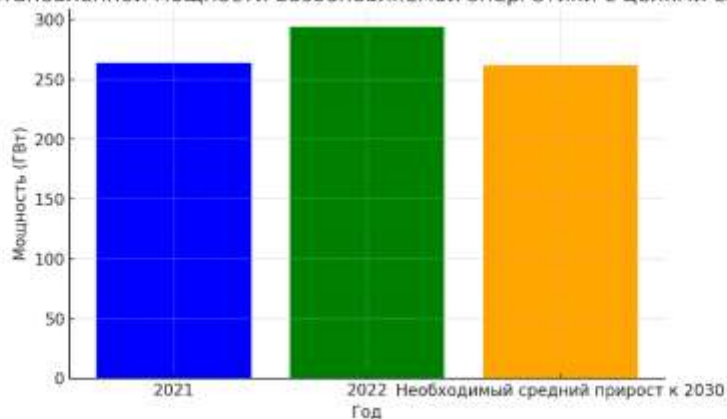
Перспективы на будущее

Переход к экологически чистой энергетике повлечёт за собой значительные изменения по мере развития различных технологий и стратегий. Прогнозы показывают, что к 2030 году затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание (O&M) ветряных электростанций снизятся. По оценкам, в умеренном сценарии они снизятся примерно на 11%, в консервативном — на 5%, а в продвинутом — на 22%, в зависимости от темпов внедрения технологий и повышения эффективности работы.

Однако эти прогнозы не учитывают региональные различия в затратах, которые могут быть связаны с местными рынками труда, доступностью материалов или различными стратегиями ведения бизнеса. По мере изменения глобального энергетического ландшафта государственное финансирование и нормативно-правовая база будут играть важнейшую роль в обеспечении инклюзивного перехода. В период с 2013 по 2020 год на долю частных инвестиций приходилось примерно 75% от общего объёма инвестиций в возобновляемые источники энергии, преимущественно в пользу устоявшихся технологий и стран с развитой экономикой. Эта тенденция подчёркивает стремление частного капитала к инвестициям с меньшим риском, что часто приводит к маргинализации беднейших стран, которым необходим доступ к экологичным технологиям и финансированию.

Чтобы соответствовать целям сценария «1,5°C», странам необходимо увеличить объёмы производства возобновляемой энергии. Согласно текущим национальным планам, к 2030 году в среднем ежегодно будет добавляться 262 ГВт мощностей возобновляемой энергетики, что не соответствует необходимым темпам, о которых свидетельствуют установленные мощности в 294 ГВт и 264 ГВт в 2022 и 2021 годах соответственно.

Сравнение установленной мощности возобновляемой энергетики с целями сценария 1,5°C



Кроме того, ожидается, что водород, особенно «зелёный» водород и его производные, такие как метанол и аммиак, будут играть всё более важную роль, а общий спрос на них, по прогнозам, резко возрастет к 2050 году. Это требует расширения производства возобновляемой энергии и мощностей электролизеров для удовлетворения прогнозируемых потребностей.

Кроме того, необходимо признать наличие проблем, связанных с производством водорода и его интеграцией в рынок. Политики должны учитывать риск отказа от использования, который отличает водород от других видов энергии, и обеспечивать спрос на «зелёный» водород наряду с обязательствами по поставкам.

Стратегический подход к разработке политики, включающий в себя заблаговременное планирование, финансовые стимулы и целевое регулирование, будет иметь решающее значение для содействия широкому внедрению экологически чистых водородных технологий.

Список литературы:

1. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA). (2021). *Renewable Capacity Statistics*. Доступно на <https://www.irena.org/>.
2. Международное энергетическое агентство (IEA). (2021). *World Energy Outlook 2021*. Доступно на <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>.
3. Организация Объединенных Наций (ООН). (2015). *Парижское соглашение*. Доступно на <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>.
4. Global Wind Energy Council (GWEC). (2021). *Global Wind Report 2021*. Доступно на <https://gwec.net/global-wind-report-2021/>.
5. IPCC (Межправительственная группа экспертов по изменению климата). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Доступно на <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
6. IRENA и Bloomberg New Energy Finance (BNEF). (2021). *Renewable Energy Investment Trends*. Доступно на <https://about.bnef.com/>.

7. World Resources Institute (WRI). (2020). *The State of Climate Action: Assessing Progress Toward 2030 and Beyond*. Доступно на <https://www.wri.org/publication/state-climate-action>.
8. Международный институт устойчивого развития (IISD). (2022). *Global Trends in Renewable Energy Investment*. Доступно на <https://www.iisd.org/>.
9. Энергетическая платформа IBM. Прогнозирование производства из возобновляемых источников. Доступно на сайте IBM Research: <https://research.ibm.com/>.
10. Catapult: Offshore Renewable Energy. *OREC Innovation Priorities*. Доступно на <https://ore.catapult.org.uk/>.