

Утверждена
постановлением Правительства
Республики Казахстан
от _____ 2024 года
№ ____

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН ДО 2040 ГОДА

СОДЕРЖАНИЕ

1. Паспорт
2. Анализ текущей ситуации
3. Обзор международного опыта
4. Видение развития водородной энергетики
5. Основные принципы и подходы развития
6. Целевые индикаторы и ожидаемые результаты
7. План действий по реализации Концепции развития водородной энергетики в Республике Казахстан до 2040 года (приложение к Концепции)

РАЗДЕЛ 1. ПАСПОРТ

Наименование: Концепция развития водородной энергетики в Республике Казахстан до 2040 года (далее – Концепция).

Основание для разработки: Национальный план развития Республики Казахстан до 2025 года, утвержденный Указом Президента Республики Казахстан от 15 февраля 2018 года № 636; Послание Главы государства народу Казахстана от 1 сентября 2021 года «Единство народа и системные реформы - прочная основа процветания страны»; Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года, утвержденный Указом Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 года № 121; Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана от 1 сентября 2023 года «Экономический курс справедливого Казахстана».

Государственный орган, ответственный за разработку Стратегии: Министерство энергетики Республики Казахстан.

Государственные органы и организации, ответственные за реализацию Концепции: Министерство энергетики Республики Казахстан, Министерство промышленности и строительства Республики Казахстан, Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, Министерство цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан, Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан, Министерство иностранных дел Республики Казахстан, Министерство водных ресурсов и ирригации Республики Казахстан, Комитет национальной безопасности Республики Казахстан (по согласованию), местные исполнительные органы, РГП на ПХВ «Институт ядерной физики» (по согласованию), РГП на ПХВ «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» (по согласованию), АО «НАК «Казатомпром» (по согласованию), АО «НК «QazaqGaz» (по согласованию), АО «НК «КазМұнайГаз» (по согласованию), НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби» (по согласованию), НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева» (по согласованию).

Сроки реализации: 2024-2040 годы.

РАЗДЕЛ 2. АНАЛИЗ ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ

25 сентября 2015 года государствами-членами ООН была принята Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Повестка дня содержит 17 целей и 169 задач, направленных на ликвидацию нищеты, сохранение ресурсов планеты, а также повышение качества жизни людей в мире.

Среди данных целей, ключевыми видятся Цель 7 и Цель 13. Данные цели подразумевают обеспечение к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех и принятия срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями, соответственно. Без достижения этих целей, достижения остальных целей предполагается затруднительным.

На фоне увеличения объемов выбросов парниковых газов изменения климата происходит быстрыми темпами. Среднемировая концентрация углекислого газа (CO₂ – наиболее распространённый из парниковых газов) в 2022 году превысила уровень доиндустриальной эпохи на 50%.

В целом, в мире предпринимаются позитивные шаги в плане финансирования деятельности по борьбе с изменением климата. При этом, требуются более масштабные и ускоренные действия по смягчению последствий изменения климата, борьбы и адаптации к ним.

Также, по данным ООН (<https://unstats.un.org>), в 2019 году наблюдалось, что доступ к электроэнергии в странах начал расширяться, энергоэффективность повышаться и в электроэнергетическом секторе ведется активное внедрение возобновляемых источников энергии. Несмотря на такие положительные результаты, около 10 % населения планеты все еще не обеспечены доступным электричеством.

Для достижения целей 7 и 13, а также других связанных целей Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, необходимо активно внедрять альтернативные источники энергии, в том числе в сфере транспорта.

Энергетическая отрасль Казахстана играет ключевую роль в экономике и в обеспечении качества жизни населения и представлена различными секторами, включая традиционные источники энергии и ВИЭ. Традиционные секторы, такие как угольная, нефтегазовая промышленности, являются основными источниками энергии, обеспечивая стабильное энергоснабжение и поддерживая индустриальное развитие страны. Так, в структуре общего первичного потребления энергии наибольшую долю занимает уголь – 48,2%, на долю природного газа приходится 26,4%, нефть и нефтепродукты – 23,5%. На сектор ВИЭ (ветер, солнце, гидро, биотопливо/отходы) приходится лишь 1,9% (*Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан от 1 августа 2023 года* – <http://stat.gov.kz>).

Вместе с тем, стремясь к декарбонизации, диверсификации и переходу к более экологически устойчивым решениям, достижению целей устойчивого развития, а также выполнению международных обязательств по сохранению

климата и снижению выбросов парниковых газов, Казахстан также стремится развивать водородную энергетику. Производство водорода с использованием различных источников энергии, включая возобновляемые, представляет собой перспективное направление для сокращения выбросов углерода и развития новых технологий. Такой подход отражает стратегическое стремление страны к сбалансированному и устойчивому энергетическому комплексу, объединяя традиционные и инновационные решения в целях обеспечения энергетической безопасности и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Водород – это универсальный элемент, который является неотъемлемой частью почти всех органических веществ, ископаемых углеводородов и, самое главное, воды. В своей молекулярной форме водород на протяжении многих десятилетий является важным сырьем для нефтехимической промышленности и производства удобрений.

По итогам 2022 года в мире было произведено 98 млн тонн водорода, что составило 6% от общего потребления природного газа и 2% потребления угля. При этом, согласно докладу МЭА, к 2050 году мировой спрос на водород должен достичь отметки в 528 млн тонн (доля в мировом потреблении составит 18%).

Водород в природе чаще встречается в виде соединений, чем в чистом виде. Существуют различные способы производства водорода, что является преимуществом водородной энергетики, так как снижает зависимость от отдельных видов сырья.

Наиболее экономически выгодным производством водорода является производство водорода из ископаемого сырья, но это не решает проблем, связанных с выбросами парниковых газов. Снизить уровень выбросов можно за счет водорода, полученного с использованием технологий улавливания и хранения углекислого газа и методом электролиза воды с применением энергии объектов ВИЭ и атомной энергетики.

При этом, в зависимости от технологий производства и наличия углеродного следа при производстве водорода, существует «цветовая» градация водорода. Хотя терминология и не применяется в нормативных документах международных организации, использование «цветовой градации» следует применять с учетом особенностей:

- зеленый водород – водород, произведенный с помощью энергии с ВИЭ методом электролиза воды;
- голубой водород – произведенный из природного газа с применением технологий улавливания и хранения углекислого газа;
- розовый/красный/оранжевый водород – произведенный с помощью энергии из АЭС методом электролиза воды;
- серый водород – произведенный из природного газа без применения технологий улавливания и хранения углекислого газа;
- белый водород – водород, производимый естественным путем в подземных залежах.

Метод, основанный на цвете, уделяет внимание лишь способу производства водорода, не охватывая полную цепочку формирования углеродного следа. Кроме того, в цепочке производства часто присутствуют другие объекты, которым невозможно или нецелесообразно присваивать цветовую маркировку. Данная цветовая классификация будет применена в рамках данной Концепции в целях создания единого понятия и унификации при реализации водородных проектов. При этом по мере изменения и принятия единой международной классификации водорода будут предприниматься меры по обновлению принятой классификации в Казахстане.

По итогам 2022 года портфель водородных проектов в мире превысил 71 млн тонн, что сопоставим с текущим годовым потреблением водорода в мире.

Большая часть водорода производится и используется на местах в качестве промышленного сырья. По прогнозам некоторых экспертов, к 2030 году спрос на водород вырастит до десятки миллионов тонн, а объемы достигнут 500-800 млрд долларов США.

Вместе со спросом на водород, также формируется рынок водородных технологий (энергетического оборудования). В первую очередь, это электролизеры и топливные элементы, которые, на сегодняшний день, варьируются в объеме 5-7 млрд долларов США, а к 2050 году могут достичь 200-225 млрд долларов США.

В 2022 году в мире было произведено 98 млн тонн водорода (2020 г. – 90 млн тонн, 2021 г. – 94 млн тонн), это порядка 6% от общего потребления природного газа и 2% – от угля.

Согласно докладу Международного энергетического агентства (МЭА), к 2050 году мировой спрос на водород может достичь свыше 500 млн тонн, а это 18% от мирового потребления, 10% которых будет приходиться на «зеленый» водород.

Основными потребителями водорода в мире в 2022 году были: 45% – нефтепереработка, 36% – производство аммиака, 14% – производство метанола и 5% – металлургия. На энергетические нужды и транспорт приходилось всего 40 тыс. тонн (0,04%).

Водород является самым распространённым элементом во Вселенной, на Земле водород встречается в основном в виде соединений. Поэтому для его получения необходимо затрачивать энергию.

Также, водород имеет свойство взрывоопасности. При смешивании водорода с кислородом в определенных пропорциях образуется «гремучий газ», для которого достаточно искры с энергией около 17 микроджоулей. Иными словами, утечка водорода неминуемо приведет к взрыву.

К тому же, водород – это легкий газ. Чтобы использовать его в промышленном масштабе необходимо его сжимать или сжижать, то есть системы для хранения и перекачки водорода должны быть высокопрочными и герметичными.

Кроме того, существуют сложности и сдерживающие факторы в развитии водородной энергетики. Основными из них являются проблемы

материаловедения, так как нет совершенной технологий транспортировки, хранения водорода. Транспортировка и хранение возможно пока что только в составе соединений водорода с другими химическими элементами. Проблема хранения связана также с тем, что водород имеет самую маленькую молекулу и атом из всех химических элементов и его атомы способны проходить через молекулярную решетку других элементов, из которых могут изготавливаться средства хранения либо транспортировки (трубы, емкости и т.д.).

Такие недостатки являются причиной того, что водород используется в незначительной степени в современной экономике и практически не используется в виде топлива. Самый рациональный способ использования водорода в виде топлива – это эффективно производить водород на месте потребления, исключая транспортировку и хранение, что, в свою очередь, потребует развития вспомогательной инфраструктуры для генерации достаточного количества водорода необходимого той или иной отрасли, использующей водород.

Также, водные ресурсы играют центральную роль в процессе производства зеленого водорода методом электролиза поэтому устойчивое управление и охрана водных ресурсов являются неотъемлемой частью создания устойчивого и экологически ответственного зеленого водорода.

Кроме того, производство зеленого водорода может конкурировать с другими секторами, такими как сельское хозяйство и промышленность, за доступ к воде. Это может привести к сокращению водных ресурсов и возникновению напряженности между разными секторами экономики.

Как известно, для производства 1 кг водорода минимальный расход чистой воды составляет примерно 10-20 л. При этом без процесса обессоливания морской воды это соотношение может составлять от 18 до 30 л в зависимости от содержания солей и примесей.

Учитывая сложившуюся сложную ситуацию по водным ресурсам в стране, вызванную такими факторами как: нерациональное использование водных ресурсов, загрязнение поверхностных и подземных вод, устаревшие технологии водопользования, вопросы совместного использования и охраны трансграничных вод, необходимо прийти к вопросу производства водорода в Казахстане целесообразно и с проработанным планом.

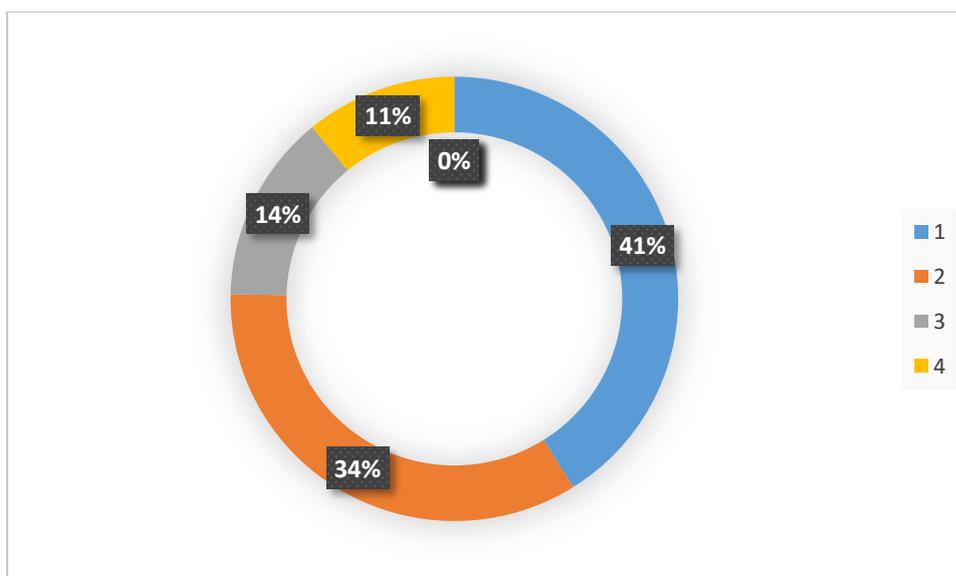


Рисунок 1. Мировое производство водорода

РАЗДЕЛ 3. ОБЗОР МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА

Многие страны рассматривают водородную энергетику одним из ключевых способов по достижению нулевых выбросов. Водородная энергетика может стать «основой» экономики будущего, где водороду отведена роль носителя для хранения и транспортировки энергии. Внедрение водорода в экономику позволит декарбонизировать промышленную и энергетическую отрасли и существенно замедлить изменения климата.

В программе по водороду Министерства энергетики США (*The US Department of Energy (DOE). Hydrogen Program.* – URL: <https://www.hydrogen.energy.gov/about.html>) определены этапы разработки и улучшения технологий. По мере экономического и системного анализа, а также технологического развития цели США будут уточняться.

Объединившись в коалицию, крупные компании в нефтегазовой, энергетической, автомобильной отрасли, разработали дорожную карту для водородной экономики США. В дорожной карте водород ассоциируется как средство обеспечения системы возобновляемых источников энергии, которые можно транспортировать и хранить, а также топливо для транспортного сектора, обогрева зданий и обеспечения промышленности теплом и сырьем. Это может сократить углеродные выбросы, повысить энергетическую безопасность и укрепить экономику, а также поддержать развитие возобновляемых источников энергии.

В начале 2022 г. некоммерческий институт Great Plains Institute (GPI) опубликовал атлас карт, на которых отмечены регионы по всему США, которые могут стать центрами производства водорода (*Smith C. Is This the Beginning of a Hydrogen Economy in the US?, 2022, May 19. Available at: <https://www.governing.com/next/is-this-the-beginning-of-a-hydrogen-economy-in-the-u-s>*). В атласе карт определено

14 потенциальных центров в США на основе следующих факторов: концентрация промышленных источников выбросов, доступность ископаемого топлива, наличие налоговых льгот для модернизации оборудования по улавливанию углерода, текущее производство водорода и аммиака, потенциал для геологического хранения водорода, а также транспортировка и распределительная инфраструктура топлива.

Европейский Союз ставит перед собой планы к 2050 году ускорить внедрение чистого водорода, используя его как основу для климатически нейтральной энергетической системы. В течении трех этапов в период с 2020 по 2050 г. должны быть реализованы ключевые этапы европейской стратегии. Согласно данной стратегии конечной целью для ЕС является производство и использование «зеленого» водорода, однако в среднесрочной перспективе «голубой» водород рассматривается как временное решение для достижения поставленных задач. Согласно прогнозам, доля водорода в энергетическом секторе Европы должна вырасти с менее чем 2% (2018 г.) до 13-14% к 2050 году. На первом этапе (2020-2024) предполагается установка не менее 6 ГВт электролизеров для возобновляемого водорода в ЕС и производство до миллиона тонн водорода. На втором этапе (2025-2030) планируется установка не менее 40 ГВт электролизеров для возобновляемого водорода в ЕС, интеграция водорода в единую энергетическую систему и развитие местных водородных кластеров. На третьем этапе (2030-2050) ЕС нацелено на масштабное внедрение технологий возобновляемого водорода в сложно декарбонизируемых секторах.

Переход на использование водорода является частью более масштабной инициативы ЕС по снижению выбросов углерода в атмосферу и декарбонизации экономики. Начиная с 1 октября 2023 года ЕС будет постепенно вводить регулирование через сертификацию и пошлины на сталь, цемент, алюминий, удобрения, водород и электроэнергию, в том числе поставляемых в ЕС из третьих стран (*Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) - Трансграничное углеродное регулирование*). Таким образом для экспортоориентированных стран производство и использование зеленого водорода и его продуктов становится важным условием для рассмотрения при разработке национальных водородных стратегий.

Многие страны ЕС, следуя наднациональной инициативе, активно принимают меры по созданию инфраструктуры, стимулированию инноваций и инвестиций в водородные технологии, а также разработке бизнес-моделей для использования водорода в различных секторах экономики. Кроме того, Европейская Комиссия объявила о создании «Европейского водородного банка» как инструмента для поддержки проектов по водороду в рамках ЕС, в том числе для импорта водорода, с финансовой поддержкой проектов (*EUR-Lex - 52023DC0156 - EN - EUR-Lex (europa.eu)*).

В целом европейская стратегия указывает на существующий статус-кво, заключая, что зеленый водород сегодня играет незначительную роль в общем

энергоснабжении с точки зрения конкурентоспособности затрат, масштабов производства, потребностей в инфраструктуре и предполагаемой безопасности.

Китайская Народная Республика определила водородную энергетику как одно из шести отраслей будущего развития. Политика страны дает стратегические инвестиционные возможности для иностранных компаний в целях развития водородной энергетики в стране.

В 2020 г. китайский производитель водородных топливных элементов Beijing SinoHytec создала совместное предприятие с японской компанией «Тойота». Также, в КНР разрабатываются стратегические планы, подчеркивающие важность водородной энергетики для промышленности и энергетики. Вместе с тем, важно отметить, что КНР является крупнейшим производителем водорода в мире – около 25 млн тонн водорода (1/4 часть мирового производства) (Koty A. C. *China's Hydrogen Energy Industry: State Policy, Investment Opportunities, 2022, April 4. Available at: <https://www.chinabriefing.com/news/chinas-hydrogen-energy-industry-government-policiesforeign-investment-outlook/>*).

Правительством КНР разработан среднесрочный и долгосрочный план развития водорода. Согласно плану, производство зеленого водорода в КНР к 2025 г. достигнет 100-200 тысяч тонн в год. Наряду применения водорода в транспортном секторе, план предусматривает использование водорода в хранении и производстве электроэнергии.

Помимо того, что КНР является крупнейшим производителем, страна также является крупным потребителем водорода. По прогнозам отраслевой группы China Hydrogen Alliance, созданная при поддержке правительства, спрос на водород в Китае к 2030 г. достигнет 35 млн тонн и к 2050 г. – 60 млн тонн (Nakano J. *China's Hydrogen Industrial Strategy. – 2022, February 3. – URL: <https://www.csis.org/analysis/chinas-hydrogen-industrial-strategy>*). В этой связи, на уровне провинций и коммерческих предприятий запущены проекты для поддержки внедрения транспортных средств на водородных топливных элементах и производства чистого водорода.

Разработанная в 2017 году национальная водородная стратегия Японии предусматривает создание углеродно нейтрального «водородного общества». Сейчас же стратегия Японии требует глубокой трансформацией, в связи с тем, чтобы страна могла догнать Китай, ЕС и другие страны. К тому же, Япония в последней версии своей стратегии ушла от цветовой классификации и придерживается понятия «low-carbon H₂ = 3.4 kg of CO₂ eq per 1 kg of H₂».

Для стимулирования инновации и развития международного рынка водорода Япония активизировала свое сотрудничество с ЕС, подписав Меморандум о сотрудничестве в области водорода. Меморандум подразумевает сотрудничество в целях устойчивого и доступного производства, торговли, транспортировки, хранения и использования водорода. Такое сотрудничество внесет свой вклад в создании прозрачного рынка водорода для торговли и привлечения инвестиций.

Кроме того, Меморандум определяет ряд областей, в которых заинтересованным сторонам в ЕС и Японии будет предложено сотрудничать

над общими стандартами и сертификацией, в том числе в рамках инициатив многостороннего сотрудничества с целью поддержки других стран мира.

Национальная водородная стратегия Австралии, принятая в ноябре 2019 года, содержит комплексный подход к развитию водородной промышленности. Основное внимание уделяется устранению рыночных барьеров, созданию спроса и предложения, а также эффективному регулированию водородного сектора. Стратегия предполагает создание водородных хабов по всей стране и, как следствие, каждый штат/территория Австралии разработали и приняли свои собственные стратегические документы. Основные принципы включают гибкость при разработке политик, приоритет безопасности и устойчивого развития, и международное партнерство. Стратегия включает в себя 57 скоординированных правительственных мер по упрощению регулирования, поддержке исследований, использованию чистого водорода в различных секторах и поощрению инвестиций. К примеру, правительством был проведен масштабный анализ различных нормативно-правовых документов, регулирующих цепочку по производству, заправке, логистике, использованию, генерации электроэнергии от водорода, экспорту, и обеспечена всеобщая доступность результатов анализа (<https://www.dcceew.gov.au/energy/hydrogen/regulatory-lists>). Соответственно для инвесторов облегчается возможность оценки различных регуляторных аспектов будущих водородных проектов. Австралия планирует выделить \$2 млрд для финансирования масштабных проектов по производству возобновляемого водорода (*Hydrogen Headstart program – государственная программа поддержки водородных проектов*). Таким образом страна намерена использовать свой высокий потенциал по возобновляемым ресурсам (солнечной, ветровой энергии), наличие свободных земель, логистические и технологические возможности для производства «зеленого» водорода. Для мониторинга реализации Стратегии разработана система ежегодного анализа состояния водородной отрасли и подотчётностью исполнения плана работ (*Ежегодный отчет о развитии водородного сектора «State of Hydrogen 2022»*).

Стратегия развития водородной энергетики в Чили нацелена на амбициозные цели: в 2025 году планируется установка 5 ГВт мощности электролиза и производство 200 тыс. тонн водорода в год; к 2030 году Чили стремится стать самым дешевым производителем «зеленого» водорода и лидером по его экспорту и производству через электролиз. В рамках стратегии планируются конкретные меры в области поддержки рынков, стандартов, безопасности и инноваций. Эти шаги направлены на достижение амбициозных целей Чили в области развития «зеленой» водородной энергетики.

Реализация стратегии охватывает три этапа. Первый этап (до 2025 года) направлен на замену импортированного аммиака и водорода, получаемого из ископаемых источников. Второй этап (до 2030 года) включает экспорт водорода и его производных, замену жидких топлив и интеграцию в газовые

сети. Третий этап (после 2030 года) предусматривает использование водорода для судоходства и авиации, а также дальнейший рост экспорта.

Показательным примером экспортоориентированной стратегии служит принятая в ноябре 2021 года Дорожная карта по водородному лидерству Объединенных Арабских Эмиратов (ОАЭ). Согласно Дорожной карте, ОАЭ нацелены на открытие новых источников дохода через экспорт низкоуглеродного водорода и его продуктов; использование водорода и его производных для получения низкоуглеродной стали, экологичного керосина, а также применения в других приоритетных отраслях; и значительный вклад в обязательства ОАЭ по достижению нулевой эмиссии к 2050 году. Имплементация дорожной карты по развитию и внедрению низкоуглеродного водорода включает создание четкого регулирующего каркаса, подкреплённого политиками, стимулами, стандартами и сертификациями. Ведущая роль отводится применению новых технологий благодаря исследованиям и разработкам внутри страны и через международные партнерства. Будет обеспечена доступность земельных и инфраструктурных ресурсов для поддержки внутреннего производства и «зеленое» финансирование. Таким образом ОАЭ стремятся стать глобальным лидером в области производства низкоуглеродного водорода и партнером в ключевых странах-импортерах, включая Японию, Южную Корею, Германию и Индию, а также на других перспективных рынках в Европе и Восточной Азии.

Принятая в октябре 2022 года водородная стратегия Омана рассматривает «зеленый» водород как ключевой инструмент для декарбонизации, экономического роста и энергетической безопасности страны. Оман хочет стать одним из ведущих мировых производителей и экспортеров «зеленого» водорода, достигнув производства одного миллиона тонн ежегодно к 2030 году и нацелен на достижение нулевых выбросов углерода к 2050 году. Для реализации этой стратегии правительство Омана создало компанию HYDROM Oman, которая будет заниматься развитием проектов по производству «зеленого» водорода. В мандат входит управление процессом выделения земли застройщикам, а также содействие развитию общей инфраструктуры в тесном сотрудничестве со свободными экономическими зонами Омана.

Оценка потенциала водорода в энергетическом переходе странами производится по-разному, а также национальные стратегии демонстрируют расхождения (Рисунок 2). Если странами Азии и Европы анализируется спрос, то на Ближнем Востоке и в Северной Америке водород позиционируют как жидкое топливо в виде аммиака и транспортное топливо для судов и автотранспорта. При этом, Япония стремится к созданию международных цепочек поставок, тогда как Корея отдает приоритет созданию новых технологий (пример: автомобили на водороде). Европа рассматривает водород как средство по снижению выбросов парниковых газов в секторах экономики,

где добиться этого сложно, в том числе транспортный сектор. Страны Южной и Северной Америки ориентируются на внутренний и внешний спрос.

В настоящее время страны, которые всерьез рассматривают перспективы водорода, в целях увеличения объемов зеленого водорода, снижения цен и стимулирования потребления конечными потребителями предпочтительно рассматривают варианты прямой государственной поддержки. Кроме того, одним из самых популярных механизмов является прямые инвестиции в цепочку создания стоимости. Также, для обеспечения масштабирования водородных проектов нельзя исключать инструменты нормативно-правового регулирования. Такие изменения в нормативно-правовой базе направлены на упрощение или уточнение существующих схем регулирования и устранения факторов, которые могут ограничить развитие проектов, но в настоящее время нормативно-правовая база сформирована в недостаточном объеме для стимулирования инноваций и изучения существующих и новых возможных технологий. Некоторые страны развивают двусторонние партнерские отношения в целях формирования цепочек поставок на международном уровне и международного рынка водорода с использованием экологически чистых технологий.

КАТЕГОРИЯ	АЗИЯ			ЕС	ФРАНЦИЯ	ГЕРМАНИЯ	ЕВРОПА					LAC ЧИЛИ	СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА КАНАДА
	АВСТРАЛИЯ	ЯПОНИЯ	ЮЖНАЯ КОРЕЯ				НИДЕРЛАНДЫ	НОРВЕГИЯ	ПОРТУГАЛИЯ	ИСПАНИЯ			
Наличие в стратегии графика развития рынка с конкретными целями	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	●	●	●
Наличие в стратегии целевых показателей стоимости водорода	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Наличие в стратегии мер по поддержке развития водородной энергетики													
Прямые инвестиции	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●
Прочие финансово-экономические механизмы	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Нормативно-правовое регулирование	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Стратегия и приоритеты в области стандартизации	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Инициативы в сфере НИОКР	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Международная стратегия	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Наличие вариантов решения социальных проблем в целях развития водородной энергетики	●	●	●	○	○	●	○	●	●	●	●	●	●
Пересмотр и обновление стратегии	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Целевой источник получения водорода к 2030 г.	Элементарные чистые технологии	Использование технологий с улавливанием	Природный газ	Неконвенционные технологии	Неконвенционные технологии и ископаемое топливо	Биогидрогенные технологии	Ископаемое топливо	«Глубокие и стелющиеся» водороды	Элементарные чистые технологии	«Зеленый» водород	ВИЭ	«Зеленый» водород	Технологии с низкой интенсивностью выборов
Источник получения водорода к 2030 г.	Элементарные чистые технологии	Технологии с улавливанием выбросов CO ₂	Элементарные чистые технологии с улавливанием выбросов CO ₂	Элементарные чистые технологии (ВИЭ)	Неконвенционные технологии	ВИЭ	Ископаемое топливо	«Зеленый» водород	Элементарные чистые технологии	«Зеленый» водород	ВИЭ	«Зеленый» водород	Технологии с низкой интенсивностью выборов
Импорт/самообеспеченность/экспорт	Экспорт; самообеспеченность	Импорт	Импорт; экспорт (преимущественно)	Экспорт	Импорт; экспорт (преимущественно)	Импорт; экспорт (преимущественно)	Самообеспеченность	Импорт для экспорта водорода (H ₂ в ЕС)	Самообеспеченность	Самообеспеченность; экспорт	Самообеспеченность; экспорт	Самообеспеченность; экспорт	Самообеспеченность; экспорт
ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ / ФАКТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ													
Декарбонизация	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
Диверсификация поставок энергии	Низкий	Высокий	Долгосрочный	Низкий	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Низкий	Высокий	Высокий	Низкий	Высокий
Стимулирование экономического роста	Высокий	Высокий	Высокий	Низкий	Высокий	Высокий	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
Интеграция ВИЭ	Низкий	Низкий	Долгосрочный	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
ПРИОРИТЕТНЫЕ ОТРАСЛИ													
Теплоснабжение	Высокий	Высокий	Низкий	Низкий	Низкий	Низкий	Высокий	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Высокий
Промышленность													
Металлургия	Долгосрочный	Низкий	Низкий	Долгосрочный	Высокий	Высокий	Долгосрочный	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Не предусмотрено	Высокий
Сырье для химической промышленности	Высокий	Низкий	Не предусмотрено	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
Переработка	Не предусмотрено	Низкий	Не предусмотрено	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
Прочее (производство цемента и т. д.)	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Высокий	Низкий	Долгосрочный	Низкий	Не предусмотрено	Высокий	Низкий	Не предусмотрено	Высокий
Электроэнергетика													
Производство электроэнергии	Низкий	Высокий	Высокий	Низкий	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Низкий	Низкий	Не предусмотрено	Низкий	Низкий	Не предусмотрено	Низкий
Резервные мощности	Низкий	Низкий	Низкий	Низкий	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Долгосрочный	Низкий	Не предусмотрено	Низкий	Низкий	Не предусмотрено	Низкий
Транспорт													
Пассажирский	Низкий	Высокий	Высокий	Низкий	Низкий	Низкий	Долгосрочный	Высокий	Низкий	Низкий	Низкий	Долгосрочный	Высокий
Грузовой средней и большой грузоподъемности	Высокий	Долгосрочный	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
Автобусы	Высокий	Долгосрочный	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
Ж/Д	Низкий	Низкий	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Низкий	Высокий	Не предусмотрено	Высокий	Низкий	Не предусмотрено	Долгосрочный
Морской транспорт	Долгосрочный	Низкий	Низкий	Долгосрочный	Низкий	Долгосрочный	Низкий	Низкий	Высокий	Долгосрочный	Низкий	Долгосрочный	Долгосрочный
Воздушный транспорт	Низкий	Низкий	Не предусмотрено	Долгосрочный	Высокий	Долгосрочный	Не предусмотрено	Низкий	Низкий	Долгосрочный	Низкий	Долгосрочный	Долгосрочный

Наличие темы в стратегии: ● Подробно, ○ Упомянулось, ○ Не упоминается
 Уровень приоритета целей и отраслей: ■ Высокий, ■ Долгосрочный, ■ Низкий, ■ Не предусмотрено

Рисунок 2. Сводный обзор национальных стратегий в области водородной энергетики. (Источник: Мировой энергетический совет, учитывались стратегии, опубликованные до 30 мая 2021 года.)

РАЗДЕЛ 4. ВИДЕНИЕ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Развитие водородной энергетики позволит реализовать преимущества Казахстана и провести диверсификацию углеводородного сектора, обеспечит опережающую трансформацию экономики в новый технологический уклад и получение масштабных выгод, необходимых для динамичного социально-экономического развития страны.

Развитие водородной энергетики сосредоточена на следующее:

- создание правового и регуляторного подразделения республиканского масштаба, которое в будущем усилит развитие отрасли путем совершенствования нормативной правовой базы и системы национальной стандартизации, что позволит определить роль водорода, как одно из перспективных направлений;

- регулирование внутреннего рынка в части производства и использования водорода;

- научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по изучению производства, применения, транспортировки и хранения водорода для дальнейшего его использования в секторах экономики, а также усовершенствованию технологии улавливания и хранения углерода с последующим внедрением на предприятиях для достижения национальных и международных целей по сокращению выбросов парниковых газов;

- изучение и поиск новых возможностей использования водорода в промышленности, большегрузном транспорте и газовых турбинах, в связи с растущей добычей природного газа;

- разработка и создание новой технологической линии производства экологически чистого водорода и его оптимального смешивания с природным газом, создание нового высокоэффективного «газо-водородного топлива» с целью использования в газотурбинных ТЭЦ и других;

- привлечение инвестиции, международное сотрудничество и предоставления государственных мер поддержки;

- реализация пилотных проектов по типу водородных кластеров в целях использования водорода в различных сферах экономики, в том числе производство водородного транспорта;

- реализация международных водородных проектов, которое привлечет не только инвестиции в страну, но и технологий и компетенций, что повысит общий уровень знания народа Казахстана;

- разработка новых путей удешевления цепочки стоимости производства зеленого водорода, в том числе за счет применения локальных технологий и материалов;

- создание новых возобновляемых источников энергии (ветер, солнце, ГЭС) для дальнейшего направления электроэнергии на производство водорода;

- развитие газовой инфраструктуры с последующим использованием его для производства и/или транспортировки водорода;

- развитие водородной энергетики в формате «образование – наукоемкие технологии – производство» и создание Водородного Хаба;
- развитие водородно-ядерной энергетики в рамках программы МАГАТЭ по неэлектрическим применениям ядерной энергии для производства водорода с применением высокотемпературного технологического тепла;
- разработка инновационных технологий и технических решений по переработке водородсодержащего газового сырья (попутный нефтяной газ с высоким содержанием сероводорода) с целью получения водорода и серной кислоты с применением плазмохимических методов (линейные и импульсные ускорители электронов).

РАЗДЕЛ 5. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ РАЗВИТИЯ

Развитие водородной энергетики будет основываться на следующих принципах:

- **Устойчивости:** водородная энергетика должна стать частью стратегии низкоуглеродного развития, направленная на снижение выбросов парниковых газов и уменьшение зависимости от традиционных источников энергии;
- **Инновации:** Казахстан всячески будет стимулировать инноваций и разработку новых технологий для более эффективного производства, хранения и использования водорода;
- **Интеграции с возобновляемыми источниками энергии:** водородная энергетика будет тесно интегрироваться с возобновляемыми источниками энергии, такими как ветер и солнце, чтобы обеспечить устойчивое и экологически чистое производство водорода;
- **Развития инфраструктуры:** Казахстан будет стремиться развивать соответствующую инфраструктуру для производства, транспортировки и использования водорода, включая заправочные станции, хранилища и транспортные сети;
- **Партнерства:** на пути развития водородной энергетики Казахстан будет стремиться сотрудничать с международными партнерами, компаниями и организациями для обмена знаниями, технологиями и опытом в области водородной энергетики;
- **Стандартизации и регулирования:** будут разработаны необходимые стандарты и регулирования для обеспечения безопасности, качества и устойчивости водородной энергетики в Казахстане;
- **Образованности и информирования:** на постоянной основе будут проводиться образовательные кампании и информационная работа среди населения о преимуществах и возможностях водородной энергетики.

Заложенные в Концепции видение, принципы и подходы направлены на обеспечение опережающего развития отрасли и сокращение выбросов парников газов.

Таким образом, на основе видения, принципов и подходов развития водородной энергетики, а также с учетом тенденции, изложенных в настоящей

Концепции для достижения поставленной цели предполагается реализация задач следующими действиями:

- будут созданы водородные кластеры, которые будут способствовать созданию экспортно-ориентированного производства водорода и энергетических смесей на его основе, а также обеспечивать их поставки на внутренний рынок Казахстана;

- для разработки и внедрения отечественных технологий водородной энергетики будет создана научно-технологическая инфраструктура, объединяющая носителей компетенций в области водородной энергетики (главным направлением деятельности таких центров станет полный цикл разработки технологий от уровня научных исследований до этапа их внедрения в производство), в том числе, включение частных инициатив в данную инфраструктуру с дальнейшей глубокой интеграцией;

- для организации производства, экспорта и применения водорода и энергетических смесей на его основе на внутреннем рынке Республики Казахстан будет предусмотрена реализация пилотных проектов;

- будет организовано производство низкоуглеродного водорода на экспортно ориентированных промышленных предприятиях, использующих водород в процессе производства продукции;

- будет реализован пилотный проект по созданию водородного автомобильного (в первую очередь автобусы и грузовые автомобили) и железнодорожного транспорта с дальнейшим ее внедрением в крупных городах в целях снижения экологической нагрузки;

- будет создана необходимая инфраструктура для водородного транспорта (заправочные станции);

- будут созданы опытные полигоны производства и применения водорода в качестве накопителя энергии в локальных энергосистемах с его последующим использованием для генерации электроэнергии;

- будут реализованы пилотные проекты по использованию водорода в жилищно-коммунальном хозяйстве при условии подтверждения их безопасности и экономической эффективности;

- для стимулирования инвестиций в развитие водородной энергетики будут использованы меры государственной поддержки;

- в рамках стимулирования научных исследований и конструкторских разработок в области водородной энергетики будут использованы меры государственной поддержки, в том числе применение повышающего коэффициента к расходам на указанные научные исследования, уменьшающим налогооблагаемую прибыль организаций, гранты на разработку водородных технологий, формирование целевых фондов из бюджетных и внебюджетных источников;

- будет предусмотрена разработка исследовательских программ (в том числе в формате комплексных научно-технологических программ, научно-технологических проектов полного жизненного цикла) и их фокусировку на преодолении технологических ограничений (барьеров), сдерживающих развитие водородной энергетики;

– в целях стимулирования производства промышленной продукции для водородной энергетики будут использованы действующие меры государственной поддержки, а также при необходимости будут созданы новые механизмы государственной поддержки;

– поэтапно будут внедрены механизмы государственного регулирования выбросов углекислого газа в части реализации добровольных климатических проектов, валидации проектов и верификации выбросов и поглощений углекислого газа;

– будут разработаны инструменты поддержки реализации проектов по снижению выбросов углекислого газа, увеличению потребления водорода и применения энергоносителей, товаров и услуг с низким углеродным следом;

– будут разработаны предложения, направленные на субсидирование проектов водородной энергетики в целях обеспечения конкурентоспособности водорода относительно традиционных энергоносителей;

– будет создана необходимая нормативно-правовая база и документы по стандартизации в области водородной энергетики путем:

1. совершенствование системы стандартизации и сертификации водорода и разработка методик оценки жизненного цикла с учетом различных способов производства, хранения, транспортировки и применения водорода;

2. разработки актов в сфере технического регулирования и документов по стандартизации, устанавливающих требования в области водородной энергетики, их гармонизация и унификация в части приведения во взаимное соответствие системы технических стандартов, норм и сводов правил, а также обеспечение их гармонизации с международными требованиями;

3. устранение регуляторных барьеров, сдерживающих применение транспортных средств на водороде, путем внесения изменений в соответствующие нормативные правовые акты.

– для развития международного сотрудничества в области водородной энергетики будут реализованы следующие меры:

1. организация двустороннего сотрудничества с перспективными импортерами водорода в целях реализации совместных пилотных проектов поставок водорода;

2. обеспечение участия Республики Казахстан в международных организациях по водородной энергетике и на международных площадках для целей обсуждения перспективной повестки и поиска новых возможностей в области водородной энергетики;

3. организация сотрудничества с зарубежными странами и организациями по вопросам стандартизации и сертификации, в том числе разработки системы нормативного регулирования водородной энергетики, международных стандартов и правил, продвижение концепции «технологической нейтральности» и недискриминационного подхода к низкоуглеродному водороду, произведенному из ископаемых топлив;

4. организация мероприятий, связанных с водородной энергетикой и международным сотрудничеством в этой области, в рамках, проводимых в Республике Казахстан национальных и международных деловых и научных

конференций, посвященных топливно-энергетическому комплексу, вопросам климата и охраны окружающей среды;

5. формирование в зарубежных странах репутации Республики Казахстан как поставщика экологичного водорода, в том числе произведенного с низкими удельными выбросами углекислого газа;

6. заключение экспортных контрактов на поставку промышленной продукции и компонентов для водородной энергетики с зарубежными партнерами;

7. выстраивание в кооперационные и технологические цепочки в части производства оборудования для производства, хранения, транспортировки и применения водорода.

– будет проведен анализ имеющихся ограничений и перспектив кадрового обеспечения внедрения существующих и перспективных технологий в области водородной энергетики;

– будет сформирована на среднесрочную перспективу план по устранению выявленных дефицитов и ограничений кадрового обеспечения водородной энергетики;

– будет обеспечена участие образовательных организаций высшего образования в деятельности создаваемых водородных кластеров, инжиниринговых центров и реализации пилотных проектов с целью непрерывного внедрения требуемых компетенций в основные профессиональные образовательные программы и дополнительные профессиональные программы;

– будет организована в необходимом объеме дополнительное профессиональное образование (повышение квалификации и профессиональную переподготовку) специалистов организаций, осуществляющих хозяйственную деятельность в области водородной энергетики, с целью обеспечения их квалификационного соответствия новым задачам профессиональной деятельности.

РАЗДЕЛ 6. ЦЕЛЕВЫЕ ИНДИКАТОРЫ И ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Целевой индикатор 1.

Объем вводимых электролизерных мощностей – минимум 10 гигаватт к 2040 году.

Ожидаемые результаты:

1. Трансферт существующих водородных технологий;
2. Нарращивание знаний и обмен опытом в целях разработки новых возможностей производства водорода;
3. Повышение квалификации отечественных кадров;
4. Создание новых рабочих мест.

Целевой индикатор 2.

Мощность возобновляемых источников энергии для производства экологически чистого водорода – минимум 10 гигаватт к 2040 году.

Ожидаемый результат:

1. Увеличение доли объема возобновляемых источников энергии;
2. Исполнения международных обязательств по климату и декарбонизации.

Целевой индикатор 3.

Объем потенциальных инвестиций в сектор водородной энергетики – до 5 трлн тенге к 2040 году.

Ожидаемый результат:

1. Повышение инвестиционного климата Казахстана;
2. Модернизация существующей и создание новой инфраструктуры водородной энергетики;
3. Развитие международных отношений и повышение репутации Республики Казахстан, как ответственного исполнителя международных обязательств.

Целевой индикатор 4.

Поддержка развития отечественных исследователей и производителей технологий водородной энергетики. Увеличение доли отечественных технологий до 20% по сравнению с аналогичными зарубежными образцами.

Ожидаемый результат:

1. Импульс развития отечественных технологий в рамках здоровой конкуренции;
2. Повышение уровня признания Республики Казахстан в рамках научно-технического потенциала по созданию и развитию водородных технологий;
3. Улучшение инвестиционной привлекательности проектов отечественного производства и развитие экспортоориентированной отрасли.

Целевой индикатор 5.

Производство водорода и попутных ценных продуктов из водородсодержащего газового сырья с гарантированной ликвидностью и высокой добавочной стоимостью с применением высокоэнергетических атомных реакторов и источников ионизационного излучения (линейные и импульсные ускорители электронов)

Ожидаемый результат:

1. Вовлечение в переработку попутных нефтяных газов с высоким содержанием сероводорода казахстанских нефтегазовых месторождений с получением водорода и серы или серной кислоты;
2. Улучшение экологической ситуации в регионах добычи нефтегазовой продукции;
3. Расширение сферы применения высокоэнергетических атомных реакторов и ускорителей электронов для решения прикладных задач с созданием дополнительных промышленных кластеров по получению полезных продуктов на планируемых к строительству новых АЭС.

Целевой индикатор 6.

Реализация к 2030 году пилотного проекта по производству водорода из углеводородного сырья.

Ожидаемый результат:

1. Трансферт существующих водородных технологий;
2. Нарастивание знаний и обмен опытом в целях разработки новых возможностей производства водорода;
3. Повышение квалификации отечественных кадров.