



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Нарзуллаев К. С. ORCID ID 0000-0001-8356-9937

*Наманганский государственный технический университет, Наманган,
Республика Узбекистан, e-mail: narzullaev.komiljon@rambler.ru*

Настоящая статья посвящена возможностям формирования водородного направления энергетического сектора экономики Республики Узбекистан. Проанализированы основные факторы, стимулирующие развитие данного сектора энергетики: рост численности населения, обеспечение устойчивого развития экономики, декарбонизация экономики (выполнение обязательств Парижского соглашения от 2015 г.), переход промышленности к современным зеленым технологиям, широкое применение возобновляемых источников энергетических ресурсов. Систематизированы данные научных источников, осуществлен сравнительный и системный анализ. Изучена роль государства в формировании возобновляемой и водородной энергетики, а также правовая база для профильных научно-исследовательских центров. Предпринята попытка определить текущую роль водорода в энергетическом секторе в сочетании с солнечной, ветровой и ископаемой энергией. Проведен сравнительный анализ способов производства, энергетической эффективности и экологичности. Рассмотрены: зеленый, серый, синий, бирюзовый, желтый, розовый, красный, коричневый, черный, изумрудный, пурпурный и белый водород согласно цветовым кодировкам рассматриваемого источника. Исходя из условий недостаточности финансовых источников, доступа к современным технологиям и соответствующего научно-технического потенциала, исследованы перспективные направления реализации водородных технологий в стране, в числе которых повторное использование выработанных природных залежей угля, нефти и газа; реализация водородных технологий в сочетании с атомной энергетикой. Выявлен ряд вопросов, которые влияют на перспективы развития этой отрасли, таких как доступ к современным технологиям, создание нормативно-правовой базы и безопасность. Отдельно отмечаются инновационные технологии и диверсифицированный подход в реализации водородной стратегии.

Ключевые слова: водород, энергетический сектор, декарбонизация, зеленые технологии, водородная энергетика, цветовая кодировка водорода, водородная стратегия

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Narzullaev K. S. ORCID ID 0000-0001-8356-9937

*Namangan State Technical University, Namangan, Republic of Uzbekistan,
e-mail: narzullaev.komiljon@rambler.ru*

This article examines the potential for developing a hydrogen-based energy sector in the Republic of Uzbekistan. The key factors stimulating the sector's development are analyzed: population growth, sustainable economic development, decarbonization of the economy (fulfillment of the 2015 Paris Agreement), industrial transition to modern green technologies, and widespread use of renewable energy sources. Scientific data are systematized, and a comparative and systematic analysis is provided. The role of the state in developing renewable and hydrogen energy, as well as the legal framework for specialized research centers, was examined. An attempt was made to determine the current role of hydrogen in the energy sector in combination with solar, wind, and fossil energy. A comparative analysis of production methods, energy efficiency, and environmental friendliness was conducted. The following color codes are considered for the source under consideration: green, gray, blue, turquoise, yellow, pink, red, brown, black, emerald, purple, and white. Based on the conditions of insufficient financial resources, access to modern technologies, and the corresponding scientific and technical potential, promising areas for implementing hydrogen technologies in the country were explored, including the reuse of depleted natural deposits of coal, oil, and gas; and the implementation of hydrogen technologies in combination with nuclear energy. A number of issues impacting the industry's development prospects have been identified, including access to modern technologies, the creation of a regulatory framework, and safety. Innovative technologies and a diversified approach to implementing the hydrogen strategy are highlighted.

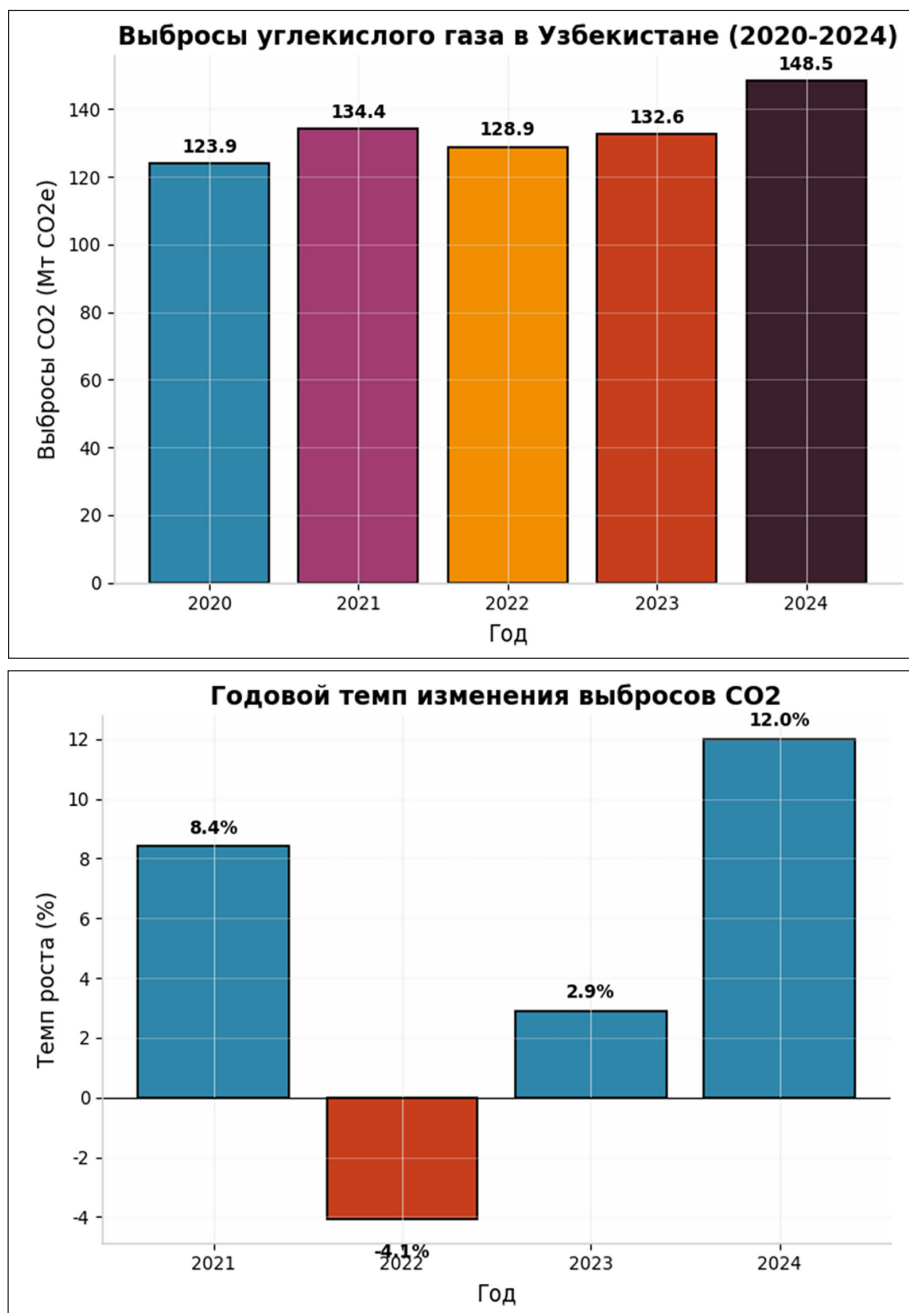
Keywords: hydrogen, energy sector, decarbonization, green technologies, hydrogen energy, hydrogen color coding, hydrogen strategy

Введение

В настоящее время в Республике Узбекистан наблюдается интенсивный рост численности населения. Страна является участником международных организаций и соглашений, деятельность которых направлена на декарбонизацию экономики и переход к современным зеленым технологиям, в том

числе широкое использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Ежегодный объем выбросов углекислого газа в атмосферу превышает 33 Гт, а общий объем парниковых газов достигает порядка 42 млрд т [1, 2]. На рисунке показана динамика выбросов в атмосферу углекислого газа, а также изменения их годового темпа в Республике Узбекистан.



*Выбросы углекислого газа в атмосферу в Узбекистане
Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

Отмеченные выше вопросы находятся в повестке дня практически каждого государства. Они обрели статус актуальности в результате истощения месторождений углеводородов и могут привести к глобальной энергетической катастрофе [3, 4]. Экологические аспекты транспортной сферы также актуально присутствуют в данной повестке [5]. Наряду с этим, международные соглашения обязывают государства снизить эмиссию парниковых газов в атмосферу [6]. Здесь значительное место занимает обе-

спечение экономики страны современными технологиями. В условиях нехватки собственных финансовых ресурсов и научного потенциала инновации в технике и технологии превратились в основной фактор экономического прогресса государства [7]. Водородные технологии могли бы заполнить энергетические и технологические пробелы современного развития государства.

В связи с этим Республика Узбекистан предпринимает шаги по развитию ВИЭ, в числе которых особое место занимает

развитие водородных технологий. Поскольку водород имеет двойственный характер: как носитель энергии и ВИЭ, поскольку после сгорания превращается в водяной пар.

Цель исследования – анализ реальных перспектив создания водородного направления возобновляемых источников энергии, определение роли водородных технологий на современном этапе формирования энергетической инфраструктуры экономики государства.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу данной работы составляет анализ научной литературы, опубликованных материалов открытого доступа, информационных бюллетеней исследовательских учреждений, статей ученых и материалов глобальной сети Интернет. В ходе исследования использованы методы: систематизация данных, сравнительный и системный анализ.

В дополнение к вышеизложенному в республике принято Постановление Президента Республики Узбекистан от 09 апреля 2021 г. № ПП-5063 «О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики Республики Узбекистан» [8]. Документ предусматривает создание инфраструктуры водородной энергетики, повышения результативности научных и практических изысканий в сферах ВИЭ и водородной энергетики, широкое внедрение инновационных технологий в производство, а также переход страны к «зеленой экономике». Он также формирует правовую основу для создания Национального научно-исследовательского института возобновляемых источников энергии при Министерстве энергетики, Научно-исследовательского центра водородной энергетики и Лаборатории по испытанию и сертификации технологий возобновляемой и водородной энергетики, Межведомственной комиссии по развитию возобновляемой и водородной энергетики.

На современном этапе технологического и научно-технического прогресса водород является промежуточным энергоносителем, то есть на производство которого необходимо затратить энергию. Следовательно, при этом выделяется определенное количество углеродных соединений, влияющих на экологическое равновесие Земли. Тем самым устанавливается прямая зависимость получения экологически чистого углерода от технологического способа его получения. Наряду с этим водород обладает положительными характеристиками для хранения, передачи и последующего производства энергии.

Кроме того, водород может стать объединяющим и уравнивающим звеном энергетического комплекса государства и локальных изолированных энергосистем [9].

Данное условие будет иметь наибольший эффект, когда с существующим традиционным энергетическим комплексом сочетается инфраструктура ВИЭ. Тогда возникнет необходимость передачи энергии, производимой в одном месте к месту потребления.

В зависимости от способа производства водорода ему присваивается определенная цветовая кодировка, которая условно отражает экологичность его производства. Некоторые страны на фоне происходящих процессов политической декарбонизации могут отказаться от потребления водорода определенного «цвета» либо ограничивать его посредством выстраивания барьеров [10].

Результаты исследования и их обсуждение

С учетом мирового опыта в Республике Узбекистан ведется работа по созданию водородной инфраструктуры страны.

Необходимо отметить, что в стране параллельно создаются солнечные, ветровые ВИЭ и атомные энергетические станции. К началу 2026 г. в стране насчитывалось 15 солнечных энергетических станций мощностью 5,5 ГВт. В Навоийской, Самаркандской и Джизакской областях реализованы масштабные проекты с участием компаний «Total Eren» и «ACWA Power» [11]. Наряду с этим активно развивается ветровая энергетика: работают 5 станций, запланировано строительство ВЭС преимущественно в регионах с высоким потенциалом ветровой энергии – в Республике Каракалпакстан и Навоийской областях. К настоящему времени совокупная выработка солнечных и ветровых станций достигла 4,9 млрд кВт·ч.

Более того, агентство «Узатом» совместно с российской корпорацией «Росатом» подписали соглашение о строительстве в Джизакской области АЭС мощностью 110 МВт [12]. Годовая выработка электроэнергии после полного запуска должна достичь 16–17 млрд кВт·ч, а доля в энергобалансе Узбекистана – 12–15 %. Расчетный срок эксплуатации составляет 60 лет [13].

Роль водорода в энергетической инфраструктуре страны может иметь реальные перспективы. Здесь необходимо учесть, каким способом он получен, его экономическую эффективность и насколько он соответствует экологическим требованиям. В этой связи в водородных стратегиях стран мира применяются разные цветовые коды.

Зеленый водород – эта технология считается самой экологичной. H_2 получается от ВИЭ (солнечные, ветровые, гидроэлектростанции и АЭС) без образования парниковых газов. Здесь следует отметить, что атомная энергетика в плане «экологичности» стоит в повестке дня многих стран.

Серый водород – данный вид водорода получается путем переработки смеси CH_4 и H_2O . Эта смесь подвергается паровой конверсии, в процессе которой образуется CO . Отрицательной стороной данного метода является вопрос его экологичности, а положительной – экономическая целесообразность.

Синий водород (также называется голубой водород) – получается как и серый водород, однако образовавшийся углекислый газ улавливается и складируется. Выбросы в атмосферу минимальны. Отрицательной стороной выступают технологии улавливания вредных выбросов и дополнительные финансовые затраты.

Бирюзовый водород – получается при применении смешанных типов, между серым, синим и зелеными видами цветовой кодировки. Данный метод осуществляется путем пиролиза метана, то есть CH_4 адиабатно нагревается до высоких температур и получается газ и углерод в твердом виде. Углерод используется в промышленности и имеет устойчивый спрос. Например, из него можно производить углеродные волокна и несколько полезных продуктов одновременно. А по критерию экологичности соответствует «экологичным» цветовым кодировкам.

Желтый водород – здесь также применяется метод электролиза с использованием атомной энергетики. Подобная технология исключает образование углерода. Однако тут возникают проблемы переработки, утилизации и хранения – проблема создания «хвостохранилищ» ядерных отходов [14].

Розовый водород – получается как «желтый водород», но непосредственно на атомных энергостанциях.

Красный водород – при получении используются химические реакции и катализаторы при высокой температуре.

Коричневый водород – извлекается путем газификации бурого угля, то есть превращением угля в водородосодержащий газ в результате его окисления при высокой температуре. Однако из-за того, что в процессе образуется ощутимое количество углекислого газа, способ считается неэкологичным.

Черный водород – получается как коричневый водород, но из черного угля.

Изумрудный водород – считается новым направлением в водородных технологиях, поскольку его получают из биологических отходов и CH_4 с помощью термоплазменного электролиза воды, электричества и плазмы. В настоящее время находится на стадии разработок и тестов.

Пурпурный водород – предполагается практическая реализация данного метода, когда широкое распространение получат

термоядерные энергетические установки. Здесь вода диссоциируется на H_2 и O_2 за счет ядерной энергии.

Белый водород – это запасы природного водорода в недрах. Предполагается, что глубоко под землей имеются значительные запасы белого водорода [15]. Но остается проблема обнаружения и выработки с существующими технологиями.

В условиях ограниченности финансовых ресурсов, современных технологий и надлежащего научно-технического потенциала считается целесообразным эффективное использование имеющихся в наличии ресурсов, а также прагматичный подход в реализации зарубежных технологий, которые не требовали бы дополнительных денежных и технических средств.

В отношении применения водородных технологий к солнечным и ветровым ВИЭ их можно применять в качестве «аккумулятора энергии», получаемой через электролиз воды и превращаемой обратно в электричество посредством топливных элементов. Тут достигается высокая энергоемкость при малом весе и экологичность, обеспечивается полное соответствие экологическим требованиям Парижского соглашения 2015 г., достигается уровень «нулевых выбросов» в атмосферу и создаются условия для накопления избыточной энергии.

Республика Узбекистан богата невозобновляемыми природными источниками энергии и сырья, запасы которых ограничены и исчерпаемы. В их числе уголь, нефть, природный и сопутствующие газы, ядерное топливо. По сравнению с нетрадиционными ВИЭ они отличаются высокой энергоэффективностью и наличием готовой инфраструктуры, однако оказывают значительное пагубное влияние на биосферу Земли. Уместность применения водородных технологий в данной области энергетики уникальна тем, что истощенные, выработанные или же неперспективные месторождения могли бы повторно использоваться, оправдав при этом такие критерии оценки, как экономическая эффективность, соответствие обязательствам страны Парижскому соглашению от 2015 г., переход к низкоуглеродной экономике, доступ к современным технологиям, создание действенной альтернативы традиционным энергетическим ресурсам.

Следует отметить, что имеет место проблема сезонности и неконтролируемая выработка энергии в пиковые сезоны. Также нужно подчеркнуть, что не каждая технология, направленная на декарбонизацию, является полностью приемлемой и безопасной. Постоянно возникают барьеры и неопределенности, связанные с технической сложностью, стоимостью, пригодностью для страны.

На этом фоне реализация атомной энергетики в Узбекистане может стать серьезным фактором в перспективе реализации водородных технологий. Например, в странах ЕС водородное направление АЭС признается низкоуглеродным источником энергии. Поэтому, если рассматривать разветвление атомных энергетических станций в Узбекистане с учетом производства водорода, получится почти идеальный способ достижения их энергетической эффективности. Здесь роль водорода повысится в несколько раз. Создадутся условия для максимального использования полученной энергии от АЭС, хранения и передачи избыточной энергии.

Заслуживает внимания то, что в настоящее время госкорпорация «Росатом» активно ведет работы по созданию технологий производства водорода методом электролиза, созданию атомной энерготехнологической станции с химико-технологической частью для крупнотоннажного производства водорода для нужд промышленности, созданию инфраструктуры хранения и транспортировки водорода, а также системные исследования вопросов пожаро- и взрывобезопасности при производстве и потреблении водорода.

Заключение

Таким образом, в вопросе энергетического использования водорода имеется ряд требующих решения проблем: освоение самых передовых технологий, создание нормативно-правовой базы и безопасность. При этом нужно иметь в виду, что экономическая система страны нуждается в эффективных энергетических источниках, не уступающих ставшим традиционными ресурсам. Целесообразным считается применение инновационной технологической системы, диверсификация энергетической системы в сочетании с ВИЭ, реализация использования водородного топлива в транспорте. Успешная реализация энергетических проектов позволит Республике Узбекистан занять определенный сегмент энергетического и технологического рынка в мире.

Список литературы

1. Нарзуллаев К. С. Значение Киотского протокола в энергетике // Материалы международной научно-практической конференции на тему «Фундаментальные и практические проблемы зеленой энергетики, современной физики и электроники». Наманганский государственный технический университет (г. Наманган, 13–14 марта 2026 г.). [Элек-

тронный ресурс]. URL: <https://namdtu.uz/ru/scientific-and-technical-events> (дата обращения: 30.05.2026).

2. Ambient (outdoor) air pollution // WHO. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 29.03.2026).

3. Нарзуллаев К. С., Шотмонов Д. С., Насриддинов А. Ш. Современные методы получения нефти из битуминозного песка // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7–1. С. 23–27. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=9749> (дата обращения: 16.04.2026).

4. Фазельянов Э. М. Глобальная энергетическая безопасность // Восточная аналитика. 2020. № 1. С. 110–124. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnaya-energeticheskaya-bezopasnost-3> (дата обращения: 30.03.2026).

5. Нарзуллаев К. С. Практический SWOT-анализ в учебном процессе // Международный журнал экспериментального образования. 2022. № 5. С. 50–54. URL: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=12096> (дата обращения: 16.04.2026).

6. Нарзуллаев К. С. Современное состояние водородной энергетики // Наука, техника и образование. 2026. № 1 (101). С. 9–15. URL: <https://3minut.ru/images/PDF/2026/101/NTO-1-101-.pdf> (дата обращения: 28.03.2026).

7. Нарзуллаев К. С. Инвестиции в сфере строительства // Научное обозрение. Экономические науки. 2023. № 1. С. 16–20. URL: <https://science-economy.ru/ru/article/view?id=1115> (дата обращения: 16.04.2026). DOI: 10.17513/sres.1115.

8. Постановление Президента Республики Узбекистан от 09 апреля 2021 г. № ПП-5063 «О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики Республики Узбекистан» // Собрание законодательства РУЗ. [Электронный ресурс]. URL: <https://lex.uz/ru/docs/5362035> (дата обращения: 30.03.2026).

9. Попадьюк Н. В., Рожнятовский Г. И., Дауди Д. И. Водородная энергетика и мировой энергопереход // Инновации и инвестиции. 2021. № 4. С. 59–64. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodorodnaya-energetika-i-mirovoy-energoperedhod> (дата обращения: 30.03.2026).

10. Кулагин В. А., Грушевенко Д. А. Водородная энергетика: за и против // Экология, энергетика, энергосбережение: бюллетень / под ред. акад. РАН А. В. Клименко. М.: ПАО «Мосэнерго», 2023. Вып. 2. 36 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://mosenergo-gazprom.ru/d/textpage/45/837/06-vodorod.pdf> (дата обращения: 21.05.2026). ISBN 978-5-383-01681-7.

11. Введены в строй крупные мощности и дан старт строительству ряда новых объектов энергетики в Узбекистане // Официальный web-сайт Президента Республики Узбекистан. [Электронный ресурс]. URL: <https://president.uz/ru/lists/view/8744> (дата обращения: 28.03.2026).

12. На площадке АЭС в Джизаке оформлено долгосрочное сотрудничество с «Росатомом». [Электронный ресурс]. URL: <https://caravan-info.uz/ekonomika/353655-na-ploschadke-aes-v-dzhizake-iformleno-dolgosrochnoe-sotrudnichestvo-s-rosatomom.html> (дата обращения: 28.03.2026).

13. Начало строительства АЭС в Узбекистане могут перенести на конец 2026 года. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gazeta.uz/ru/2026/01/26/npp/> (дата обращения: 28.03.2026).

14. Бердибаева А. Б., Быковченко Ю. Г., Жунушов А. Т., Тухватшиев Р. Р. Воздействие урановых хвостохранилищ на биосферные объекты в Кыргызстане // Медицина Кыргызстана. 2014. № 2. С. 132–134. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-uranovyh-hvostokhranilisch-na-biosfernye-obekty-v-kyrgyzstane> (дата обращения: 30.03.2026).

15. Ученые ищут способы добычи водорода из недр Земли. [Электронный ресурс]. URL: <https://science.mail.ru/news/45393-dobycha-vodoroda-iz-nedr-zemli> (дата обращения: 30.03.2026).

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest.

Финансирование: Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.