

УДК 62-622

**ВОДОРОД КАК ТОПЛИВО: АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ПЕРСПЕКТИВ, ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ И
ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА
HYDROGEN AS A FUEL: ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL
PERSPECTIVES, ECONOMIC FEASIBILITY, AND IMPACT ON
HUMAN HEALTH**

Великовский Кирилл Александрович

Студент группы ТАТ-241.3, отделение СПО

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования

«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф. ГОРБАЧЕВА»

В Г.НОВОКУЗНЕЦКЕ

Мезенина Ольга Николаевна

научный руководитель, старший преподаватель

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования

«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф. ГОРБАЧЕВА»

В Г.НОВОКУЗНЕЦКЕ

Аннотация: В статье анализируются способы получения и виды водородного топлива. Плюсы и минусы водорода как топлива. Водород и его влияние на здоровье человека.

Ключевые слова: водород, экологичность, энергоемкость, взрывоопасность, пожаробезопасность.

Abstract: The article analyzes the methods of obtaining and types of hydrogen fuel. The advantages and disadvantages of hydrogen as a fuel. Hydrogen and its impact on human health.

Keywords: hydrogen, environmental friendliness, energy efficiency, explosiveness, fire safety.

В условиях глобального энергетического перехода, истощения запасов ископаемого топлива и ужесточения экологических требований поиск альтернативных источников энергии становится приоритетной задачей для всего мира. Водород рассматривается как один из ключевых элементов «зеленой» энергетики будущего. По прогнозам Международного энергетического агентства, доля водородного топлива в транспортном секторе может достичь 25% к концу XXI века. Однако наряду с экологическими преимуществами существуют серьезные технологические, экономические и экологические риски, требующие всестороннего анализа.

Цель работы: Провести комплексный анализ преимуществ и недостатков использования водорода в качестве топлива, оценив экологические последствия, экономическую эффективность различных методов производства, технологические барьеры и влияние на здоровье человека.

Глава 1. Способы получения и виды водородного топлива

Экологичность водорода напрямую зависит от способа его производства. В зависимости от технологии выделяют несколько видов водорода, которые маркируются цветами:

«Серый» водород: производится путем паровой конверсии метана или газификации угля. Это самый дешевый (\$0,98–2,93 за кг) и распространенный способ, но он сопровождается значительными выбросами CO₂.

«Голубой» водород: аналогичен «серому», но с применением технологий улавливания и захоронения углерода (CCS), что снижает углеродный след.

«Зеленый» водород: получается методом электролиза воды с использованием электроэнергии от возобновляемых источников (солнце, ветер). Считается наиболее экологичным, но и самым дорогим (\$4,5–16 за кг).

«Бирюзовый» водород: производится путем пиролиза метана, где побочным продуктом является твердый углерод, а не CO₂. Технология находится на стадии разработки.

На данный момент доля «зеленого» водорода в мире составляет около 1% от всего производства, а общая доля водорода в мировом энергобалансе — лишь 4%.

Глава 2. Плюсы водорода как топлива

2.1. Экологическая чистота при использовании в топливных элементах

Главное преимущество водорода раскрывается при использовании в топливных элементах. В них происходит прямое преобразование химической энергии в электрическую без процесса горения. Единственным побочным продуктом является чистая вода и тепло. Водородные топливные элементы не выделяют CO₂, оксидов серы, сажи и угарного газа, что критически важно для улучшения качества воздуха в городах.

2.2. Высокая энергоемкость

Водород обладает уникальной энергетической плотностью. Один килограмм водорода передает столько же энергии, сколько примерно 3 кг бензина. Это делает его исключительно привлекательным для отраслей, где важен вес топлива: авиация, космонавтика, большегрузный транспорт.

2.3. Быстрая заправка и большой запас хода

В отличие от аккумуляторных электромобилей, заправка водородом занимает всего несколько минут. При этом запас хода водородных автомобилей может достигать 500 км и более.

2.4. Возобновляемость и сырьевая база

Водород — самый распространенный элемент на Земле. Он входит в состав воды (11,19% по массе), нефти (10,9–13,8%), природного газа, угля и древесины. Сырье для его получения практически неограниченно.

2.5. Универсальность применения

Водород может использоваться не только как топливо для транспорта, но и как средство накопления энергии (избытки электроэнергии от ВИЭ можно конвертировать в водород и хранить длительное время), а также в промышленности — при производстве метанола, аммиака, в стекольной и металлургической отраслях.

2.6. Перспективы для труднодоступных регионов

Водородный транспорт не требует прокладки электросетей, что особенно актуально для отдаленных маршрутов с невысоким пассажиропотоком. В России первый водородный поезд планируют запустить на Сахалине, где сформирован водородный кластер и есть участки без электрификации.

Глава 3. Минусы водорода как топлива

3.1. Высокая стоимость производства

Экономика — главный тормоз водородной энергетики. «Зеленый» водород сегодня в 4–6 раз дороже «серого». Даже в ЕС, где субсидирование максимально, себестоимость остается высокой, а целевые показатели производства к 2030 году признаются экспертами «чрезмерно амбициозными».

3.2. Проблемы хранения и транспортировки

Водород — самый легкий газ, его молекулы настолько малы, что способны просачиваться через металлы, вызывая их охрупчивание. Для хранения в сжатом виде требуются баллоны под давлением 350–700 бар, что увеличивает вес и объем топливной системы. Для хранения в жидком виде необходимо охлаждение до сверхнизкой температуры -253°C , что требует огромных энергозатрат.

3.3. Взрывоопасность и пожаробезопасность

Водород образует с воздухом взрывоопасную смесь в широком диапазоне концентраций (4–75%). Для воспламенения достаточно малейшей искры, в том числе статического электричества. При этом водород горит невидимым пламенем, что затрудняет обнаружение пожара.

3.4. Экологические риски при утечках и при прямом сжигании

При производстве, транспортировке и хранении неизбежны утечки (по оценкам, до 10–15% от общего объема). Попадая в стратосферу, водород вступает в реакции, разрушающие озоновый слой. Исследования показывают, что масштабный переход на водород может углубить озоновую дыру на 7–8%.

Кроме того, при прямом сжигании водорода в двигателях внутреннего сгорания (а не в топливных элементах) температура горения достигает высоких значений, что приводит к образованию токсичных оксидов азота (NO_x), хотя и в меньших количествах, чем при сжигании бензина или дизеля.

3.5. Неразвитость инфраструктуры

В мире пока отсутствует массовая сеть водородных заправочных станций. В России планы построить 1000 станций к 2035 году признаются нереалистичными. Это создает классическую проблему «курицы и яйца»: нет инфраструктуры — нет спроса на водородные автомобили, и наоборот.

3.6. Дороговизна топливных элементов

Стоимость топливных элементов пока остается высокой (от \$5 до \$10 тыс. за кВт при целевых \$200 за кВт). Кроме того, в них используются платиновые катализаторы, а ресурс работы составляет 20–25 тыс. часов, хотя к 2030 году ожидается его увеличение до 30 тыс. часов.

Глава 4. Влияние на здоровье человека

4.1. Позитивное влияние (косвенное)

Замена дизельных и бензиновых двигателей на водородные топливные элементы позволит практически полностью убрать из воздуха городов твердые частицы (сажу), оксиды серы и угарный газ — основные причины астмы, бронхитов и онкологических заболеваний. Выхлоп водородного автомобиля на топливных элементах — это водяной пар, безопасный для человека.

4.2. Негативное влияние (прямые риски)

Токсичность оксидов азота: При прямом сжигании водорода (например, в адаптированных ДВС) выбросы NO_x опасны для здоровья, вызывая респираторные заболевания.

Риск удушья: Водород не токсичен, но в замкнутых пространствах он может вытеснять кислород, приводя к асфиксии.

Взрывоопасность: Высокая взрывоопасность создает угрозу техногенных катастроф при авариях на транспорте или заправочных станциях.

Таблица 1

Сводный анализ плюсов и минусов

Критерии	Плюсы	Минусы
Экология	При работе в ТЭ – нулевые выбросы CO_2 , сажи SO_x . Продукт - вода	При прямом сжигании — выбросы токсичных NO_x . Утечки H_2 разрушают озоновый слой
Энергоэффективность	Высочайшая энергоемкость (в 2,4 раза выше метана). КПД ТЭ до 60%	Низкая плотность газа требует энергозатрат на сжатие и сжижение.
Экономика	Долгосрочный потенциал снижения зависимости от нефти.	Стоимость «зеленого» H_2 в 4–6 раз выше «серого». Окупаемость проектов под вопросом без госсубсидий

Безопасность и здоровье	Отсутствие канцерогенов в выхлопе ТЭ — снижение заболеваемости в городах	Высокая взрывоопасность, охрупчивание металлов, риски утечек. Токсичность NO _x при сжигании
Инфраструктура	Можно использовать существующие газопроводы с доработкой (для смесей).	Требуется создания полностью новой инфраструктуры хранения, заправки, транспортировки, что оценивается в триллионы долларов

Заключение

Водородное топливо представляет собой яркий пример технологического парадокса. Плюсы водорода очевидны: неисчерпаемость сырья, высокая энергоёмкость и нулевые выбросы при использовании в топливных элементах. Это делает его незаменимым для декарбонизации трудных секторов — авиации, морского транспорта, тяжелой промышленности и железных дорог на не электрифицированных участках.

Однако минусы на современном этапе развития технологий пока перевешивают преимущества для массового внедрения. Высокая стоимость производства, отсутствие инфраструктуры, проблемы безопасности и скрытые экологические риски (разрушение озонового слоя при утечках, образование NO_x при сжигании) требуют десятилетий научных исследований и триллионных инвестиций.

Итоговый вывод: Водород станет важной частью энергобаланса будущего, но не как универсальная замена всему ископаемому топливу, а как нишевое решение для специфических задач. В ближайшие 10–15 лет основной прирост будет связан с «голубым» и «серым» водородом в промышленности, а также с пилотными проектами на транспорте (как сахалинский поезд). Массовая автомобильная энергетика, скорее всего, останется за аккумуляторными электромобилями. Переход к «зеленому» водороду возможен лишь при условии резкого удешевления электролиза, создания безопасных систем хранения и введения глобального углеродного налога.

Список литературы

1. Водород как экологически чистое топливо для приготовления пищи: техническая и экономическая целесообразность и барьеры в развивающихся странах. — Текст: электронный // ScienceDirect. — 2025. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0973082625002029> (дата обращения: 18.03.2026).

2. Водородный вызов: решение проблем хранения, безопасности и воздействия на окружающую среду в водородной экономике. – Текст: электронный // ScienceDirect. – 2025. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319925039527> (дата обращения: 18.03.2026).
3. Ли, С. Может ли экологически чистый водород обеспечить чистое энергетическое будущее? / С. Ли, З. Байрум, А. Ганготра, А. Андерсон. – Текст : электронный // World Resources Institute : [сайт]. – 2024. – URL: <https://www.wri.org/insights/what-is-clean-hydrogen> (дата обращения: 18.03.2026).
4. Раманан, А. Водородное сжигание на электростанциях: затраты, риски и недостатки / А. Раманан. – Текст: электронный // OurEnergyPolicy : [сайт]. – 2025. – URL: <https://www.ourenergypolicy.org/resources/hydrogen-combustion-in-power-plants-costs-risks-and-drawbacks/> (дата обращения: 18.03.2026).
5. Ченг, Т. Водород — не панацея для климата / Т. Ченг. – Текст : электронный // SoCal Water Sierra Club : [сайт]. – 2024. – URL: <https://socalwatersierraclub.org/hydrogen-not-a-silver-bullet-climate-solution/> (дата обращения: 18.03.2026).