

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ, СВЯЗАННЫХ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ СОЛНЕЧНЫМИ СИСТЕМАМИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

*Temirov Og'abek Farhod o'g'li,*

*Buxoro davlat tibbiyot instituti "Biotibbiyot  
muhandisligi, biofizika va informatika" kafedrasi assistenti.*

### **Annotatsiya.**

Ayni vaqtda iqtisodiy va ekologik jihatdan vodorod energetikasi istiqbollari ko'plab olimlar tomonidan e'tirof etilmoqda. Vodorod energetikasi mahsulotlarini ishlab chiqarishda samaradorlikni oshirish uchun turli ishlanmalar, loyihalar va nazariy izlanish mavjud. Biz yuqori haroratli quyish sistemalari va katalizatorlar asosida vodorod yoqilg'isini ishlab chiqarishning tizimli texnikaviy va texnologik jihatlari ushbu ilmiy maqolada yoritamiz. Bunda vodorod olish usullari, suyuq va gazsimon vodorod mahsulotlarining boshqa yoqilg'ilar bilan solishtirish natijalari va muhim xulosalar ham ishimizdan o'rin oladi.

**Kalit so'zlari:** Vodorod olish usullari, yuqori haroratli quyosh qurilmalari, allotropik shakllar molibden disulfidi, katalizatorlar, yashil energiya.

### **Abstract.**

Currently, the economic and environmental prospects of hydrogen energy are widely recognized by many scientists. Various developments, projects, and theoretical research are being conducted to enhance the efficiency of hydrogen energy products. This scientific article focuses on the systematic technical and technological aspects of hydrogen fuel production using high-temperature solar systems and catalysts. It covers methods of hydrogen production, compares the properties of liquid and gaseous hydrogen products with other fuels, and presents significant conclusions derived from the study.

**Key words:** Methods of hydrogen production, high-temperature solar devices, allotropes of molybdenum disulfide, catalysts, green energy.

### **Аннотация.**

В настоящее время многие учёные признают экономические и экологические перспективы водородной энергетики. Для повышения эффективности производства продуктов водородной энергетики ведутся различные разработки, проекты и теоретические исследования. В данной научной статье рассматриваются системные технические и технологические аспекты производства водородного топлива на основе высокотемпературных солнечных систем и катализаторов. В работе представлены методы получения

водорода, результаты сравнения жидких и газообразных водородных продуктов с другими видами топлива, а также сделаны важные выводы.

**Ключевые слова:** Методы получения водорода, высокотемпературные солнечные установки, аллотропные формы дисульфида молибдена, катализаторы, зелёная энергия.

**Введение.**  $H_2$  — самый экологически чистый вид моторного топлива, что делает его перспективы очевидными. В Австралии разрабатывается технология газификации бурого угля в Виктории с последующей экстракцией водорода, в частности, для удаления серы, ртути и углекислого газа ( $CO_2$ ). В Норвегии, Nel Hydrogen разрабатывает технологию, которая использует возобновляемые источники энергии для высокотемпературного электролиза, чтобы разделить воду на водород и кислород. Kawasaki Heavy Industries проектирует морской водородный танкер для транспортировки жидкого водорода ( $LH_2$ ).

Водород (H) является самым распространенным элементом на Земле; однако, при нормальных условиях, он не существует в форме атомов водорода или газообразного водорода ( $H_2$ ). Благодаря своим свойствам он легко реагирует с другими органическими соединениями, такими как вода ( $H_2O$ ). В ходе реакции между водородом и воздухом с образованием воды выделяется энергия, которую можно использовать в качестве электричества. Чтобы сделать эту реакцию полезной для промышленного производства энергии, водород должен быть получен, например, путем разделения атомов воды на кислород и водород посредством электролиза. Существуют различные методы производства водорода, значительно различающиеся как по воздействию на окружающую среду, так и по стоимости. Экологическая чистота является решающим критерием при производстве водорода. Чем больше оксида углерода выделяется в процессе производства водорода, тем менее экологически чистым он считается [5].

**Материалы и методы.** Для простоты различные технологии классифицируют каждый «сорт» водорода по цвету, который соответствует его углеродному следу. Реакция между водородом и кислородом является экзотермической, выделяя тепло. При стандартных условиях реакция 1 моля  $H_2$  (2 г) с 0,5 молями  $O_2$  (16 г) дает 1 моль  $H_2O$  (18 г) и выделяет 285,8 кДж/ моль энергии, как показано в уравнении:



Для сравнения, энтальпия сгорания ацетилен составляет 1300 кДж/ моль, а пропана — 2200 кДж/ моль. Масса 1 м<sup>3</sup> водорода составляет 89,8 г (44,9 моль), поэтому для производства 1 м<sup>3</sup> водорода требуется 12 832,4 кДж энергии. Поскольку 1 кВт·ч равен 3600 кДж, это соответствует примерно 3,56 кВт·ч

электроэнергии. Оценить целесообразность перехода на водородное топливо можно, сравнив текущий тариф на 1 кВт·ч электроэнергии с ценой 1 м<sup>3</sup> природного газа или других энергоносителей.

Сжигание водорода производит чистую воду, что означает, что, в отличие от газа или бензина, водородное топливо производится без вреда для окружающей среды. Для получения водорода используются химические методы, включая электролиз воды. Основным промышленный метод заключается в реакции метана, компонента природного газа, с водой при высоких температурах:



Электролиз солевых растворов:



Пропускание пара над горячим коксом при температуре около 1000°C:



Паровая конверсия природного газа :



Каталитическое окисление кислородом:



Крекинг и риформинг углеводородов при переработке нефти. Реакция металлов с кислотами, обычно с использованием цинка и соляной кислоты:



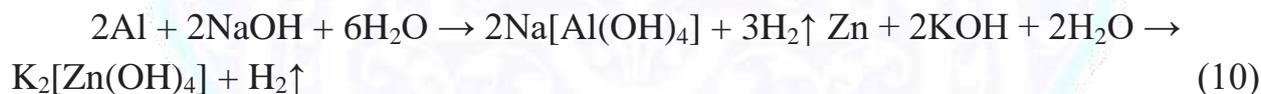
Взаимодействие кальция с водой :



Гидролиз из гидриды :



Действие щелочей на цинк или алюминий:



Электролиз водных растворов щелочей или кислот, при котором на катоде выделяется водород:



Кроме того, водород можно производить с помощью биореакторов.

**Результаты.** Газообразный водород существует в двух модификациях: орто-водород и пара-водород. В молекулах орто-водорода (температура плавления: -259,10 °C; температура кипения: -252,56 °C) ядерные спины параллельны, тогда как в пара-водороде (температура плавления: -259,32 °C; температура кипения: -252,89 °C) спины антипараллельны. При очень низких температурах равновесие между орто- и пара-водородом почти полностью смещается в сторону пара-водорода. При 80 К соотношение составляет приблизительно 1:1.

Десорбированный пара-водород превращается в орто -водород при нагревании до комнатной температуры до тех пор, пока не будет достигнута равновесная смесь. Без катализатора это превращение происходит постепенно, что позволяет изучать различные свойства каждого аллотропа.

В России основными организациями, заинтересованными в производстве водорода, являются «Росатом» и «Газпром». Атомные электростанции стремятся хранить избыточную энергию в форме водорода для последующего использования, в то время как газовые компании стремятся перерабатывать природный газ в водород, используя соответствующее оборудование в точках использования, таких как заправочные станции.

Для решения проблем транспортировки водорода его можно преобразовать в спирты, такие как метанол или диметиловый эфир, которые впоследствии можно реформировать для получения водорода «по требованию» для использования на электростанциях. Химия получения водородсодержащих компонентов хорошо отработана.

Параметр	$H_2$ (газ)	$H_2$ (жидкость)	пропан	бензин
Рабочее давление (МПа)	20	0.1	0,5	0.1
Необходимая масса (кг)	40.000	30.000	40.000	40.000
Вес поставки (кг)	400	2.100	20.000	14.000
Минимальная теплотворная способность подаваемого топлива (МДж)	120	120	46.3	44,8
Минимальная стоимость энергии для отопления одного грузовика (ГДж)	48	252	926	1,164.8
При потреблении дизельного топлива (кг)	79,6	57.9	60	54

Минимальная теплотворная способность дизельного топлива (ГДж)	3.38	2.46	2.55	2.30
По сравнению с бензином	35.77	4.96	1.40	1.00

Таблица 1. Сравнение водорода с пропаном и бензином по энергопотреблению на автомобильном транспорте.

Вообще, утверждения о том, что водород является экологически чистым топливом, не совсем справедливы. Из школьного курса химии мы помним, что при сжигании водорода получается вода. Но он горит на воздухе с большим содержанием азота, и в результате реакции кислорода и азота при высоких температурах получаются токсичные оксиды азота, как и при сжигании бензина, только в меньших количествах. На самом деле водород тут ни при чем [8].

**Обсуждения.** Любое высокотемпературное горение вызывает реакцию взаимодействия кислорода и азота воздуха с образованием оксидов. Поэтому получение электроэнергии путем сжигания любого топлива — не самый экологичный метод. А уж тем более углеводороды горят с выделением выбросов углекислого газа в атмосферу. Чтобы решить проблему выбросов в атмосферу, нужно прекратить сжигание топлива и снизить его расход до комнатной температуры. В этом помогают топливные элементы. Использование водорода в топливных элементах считается наиболее экологичным. Разные топливные элементы используют водород при разных температурах и могут быть более или менее избирательны в отношении его чистоты. Низкотемпературные топливные элементы работают на чистом водороде, а высокотемпературные полностью довольствуются синтез-газом. Топливный элемент — это электрохимическое устройство, преобразующее химическую энергию водорода в электрическую (обратный электролизу процесс) с очень высоким КПД.

Разработчики Томского политехнического университета совместно с учеными из Китая и Германии создали дешевый катализатор для получения водорода. Теперь в производстве водорода используется дорогая платина. Новый катализатор можно дешево производить с помощью струйной печати, отмечает пресс-служба российского вуза.

Новый катализатор состоит из пластин дисульфида молибдена и восстановленного оксида графена. Это делает производство водорода, топлива будущего, дешевым и экологически чистым. Российские ученые, работающие в исследовательской группе TERS-Team, создали специальные чернила,

содержащие нанопластины дисульфида молибдена и частицы восстановленного оксида графена[3]. Затем чернила наносились на медный пластинчатый электрод с помощью струйной печати.

Катализатор для более эффективного производства зеленого водорода. Исследователи разработали новый процесс разделения воды и материал, который максимизирует эффективность производства зеленого водорода, делая его дешевым и удобным вариантом для промышленных партнеров, желающих преобразовать зеленый водород в возобновляемое хранилище энергии вместо традиционного производства водорода из природного газа, выбрасывающего углерод.

Водород — особенно безуглеродный зеленый водород — стал перспективным чистым энергоносителем и вариантом хранения для возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая. Он не добавляет выбросов углерода в атмосферу, но в настоящее время его производство является дорогим и сложным.

**Выводы.** Один из способов получения зеленого водорода — электрохимическое расщепление воды. Этот процесс включает пропускание электричества через воду в присутствии катализаторов (усилителей реакции) для получения водорода и кислорода[7]. Исследовательская группа Georgia Tech надеется сделать зеленый водород более дешевым и устойчивым, используя гибридные материалы для электрокатализатора. Сегодня этот процесс основан на дорогих компонентах из драгоценных металлов, таких как платина и иридий, которые являются предпочтительными катализаторами для производства водорода путем электролиза в больших масштабах. Эти элементы дороги и редки, что затормозило движение по замене газа на водородную энергию[4]. Фактически, по данным исследовательской компании Wood Mackenzie, зеленый водород составил менее 1% годового производства водорода в 2020 году, в основном из-за этих затрат. Джинхо Парк, исследователь GTRI и ведущий исследователь исследования, сказал, что исследование может помочь снизить стоимость оборудования, используемого для производства зеленого водорода. Помимо разработки гибридных катализаторов, исследователи также доработали форму катализаторов и их способность контролировать взаимодействие металлов. Основными приоритетами были сокращение использования катализатора в системе при одновременном повышении ее долговечности, поскольку на катализатор приходится основная часть стоимости оборудования.

#### ССЫЛКИ .

[1]. Постановление Президента Республики Узбекистан , от 09.04. 2021 г. № ПП-5063 «О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики в Республике Узбекистан». <https://lex.uz/docs/5362035>.

[2]. Акбаров Р.Ю. Оптимальные углы наклона солнечной установки для Паркентского района (Узбекистан). Материалы международной научной конференции « Новые материалы и гелиотехнологии » 20-21 мая 2021 года. г. Паркент, Узбекистан. С . 186-190.

[3]. Мартино, М.; Руокко , К.; Мелони , Э.; Пулумби , П.; Пальма, В. Основные процессы производства водорода: обзор. Катализаторы 2021, 11, 547. <https://doi.org/10.3390/catal11050547>.

[4]. Ямагучи М., Хоригучи М., Наканори Т. « Разработка крупномасштабного электролизера воды с использованием твердого полимерного электролита в WE-NET » Труды 21 -й Всемирной конференции по водородной энергетике (Пекин, Китай, 12-15 июня) , 2000), т. 1. С.274-281 .

[5] Лимберопулос Н. « Производство водорода из возобновляемых источников энергии » Отчет по RES2H2.

[6]. Григорьев С.А., Халиуллин М.М., Кулешов Н.В., Фатеев В.Н. Электролиз воды в системе с твердым полимерным электролитом/ Электрохимия, т. 2, № 1, с. 37, № 8, 2001. – С. 953-957.

[7]. Metinkulov, J. T. (2024). GETTING TO KNOW THE ARDUINO UNO BOARD AND LEARNING HOW TO PROGRAM IT. *Экономика и социум*, (2 (1.17)-1), 429-432.

[8.] Метинкулов, Ж. Т. (2024). ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ АДРЕСАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ. *Экономика и социум*, (2-1 (117)), 1163-1168.