

УДК 620.9

**ВОДОРОД В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ: ЭКОНОМИКО-
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**
**HYDROGEN IN THE ENERGY SYSTEM: ECONOMIC AND
ECOLOGICAL ASPECTS**

В.В. Лесюкова

Научный руководитель – Д.А. Лапченко, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск,

V. Lesyukova

Supervisor – D. Lapchenko, Senior Lecture
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в статье рассмотрены экологические и экономические показатели производства различных видов водородного топлива в сравнении с традиционными топливно-энергетическими ресурсами.*

***Abstract:** in this article the environmental and economic indicators of the production of various types of hydrogen fuel in comparison with traditional fuel and energy resources are discussed.*

***Ключевые слова:** водород, возобновляемые источники энергии, углеродная эмиссия, экология, топливно-энергетические ресурсы.*

***Keywords:** hydrogen, renewable energy sources, carbon emission, ecology, fuel and energy resources*

Введение

Переход на возобновляемые источники энергии – возможность решения множества актуальных вопросов мирового сообщества и повышения устойчивого развития энергетического сектора. Однако, каждый топливный ресурс должен быть как технически и экономически, так и экологически обоснован. Наиболее динамичное развитие в настоящее время переживает водородное топливо, являясь одновременно возобновляемым и чистым энергоисточником.

Основная часть

Объективное обоснование необходимости производства «зеленого» водорода кроется в рассмотрении углеродной эмиссии как при производстве различных энергоносителей, так и при использовании каждого их вида. Важным уточнением является изучение топливно-энергетических ресурсов в качестве не торговой единицы для получения экономических выгод на экспорте, а продукта, производство и потребление которого может благоприятно повлиять на мировое устойчивое развитие и при этом являться оптимальным при производстве в экономико-экологическом плане.

Важным аспектом выбора оптимального вида топлива является фактор возобновляемости, учитывающий возможность производства энергоисточника без привязки к природным ресурсам. Изучение первоначального этапа комплексного использования топлива, а именно добычи, становится важнейшим фактором выбора углероднейтрального топлива. Данные о себестоимости и

углеродном следе в среднем при производстве водорода в сравнении с теми же показателями природного газа и нефти представлены в сводной таблице 1:

Таблица 1 – Данные о производстве энергоносителей

Показатель	Водород			Природный газ	Нефть
	«Серый»	«Голубой»	«Зеленый»		
Себестоимость в среднем: долл./т натур. топлива	1500	2750	4850	43,55	198,83
долл./т у. т.	26,13	43,55	84,49	31,59	129,89
Углеродная эмиссия при добыче в среднем, т CO ₂ -экв. / 1 т у. т.	10	3,68	0	0,34	239,46

В экономическом плане объективным преимуществом среди представленных видов энергоносителей владеют водородное топливо и природный газ, имея достаточно большую разницу в себестоимости с нефтью [1]. Минимальной себестоимостью обладает «серый» водород, чей показатель на 17,3% меньше, чем у природного газа – следующего по рейтингу. В настоящее время именно «серое» водородное топливо является самым дешевым энергоносителем в мире, его себестоимость варьируется от 1 до 2 долл./кг натурального топлива и зависит от цен на природный газ или уголь [2]. Удорожание «голубого» водорода связано с издержками по применению технологий улавливания и хранения углекислого газа (УХУ), максимальная величина которых составляет 70 долл./т CO₂-экв. Комбинирование усовершенствованной технологии производства водородного топлива с фильтрацией повышает капитальные и операционные затраты, что приводит к росту минимальной себестоимости «голубого» водорода до 2,01 долл./кг натурального топлива без учета стоимости природного газа и угля и издержек на УХУ. Достаточно высокая цена производства «зеленого» водородного топлива связана с необходимостью использования специального энергоэффективного оборудования с применением возобновляемых источников энергии. Данные технологии требуют большого объема инвестирования для закупки и размещения многоуровневого производства как точечного, для добычи и реализации «зеленого» топлива на месте спроса, так и широкоформатного, для генерации и дистрибуции энергоносителя потребителям по трубопроводам или автотранспортом. Минимальная себестоимость экологичного энергоносителя варьируется от 4 до 5,8 долл./кг.

Важнейшим этапом анализа топливно-энергетических ресурсов является изучение выбросов углекислого газа в ходе их добычи или производства. Наиболее экологически опасным энергоносителем является нефть, содержащая растворенный попутный нефтяной газ (ПНГ), включающий в себя пары тяжелых углеводородов. В 1 т нефти количество ПНГ может колебаться от 1-2 до нескольких тысяч м³, при этом, по данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, примерно 47% добычи газа списывается на технологические потери, что означает колоссальные выбросы углеродных смесей в атмосферу [3]. Очевидно опасным для экологии является «серое» водородное топливо, получаемое посредством паровой конверсии метана, в ходе которой выделяется около 10 кг CO₂-экв. на каждый кг водорода. Использование

УХУ позволяет уменьшить углеродную эмиссию производимого «голубого» водорода, однако этого недостаточно, чтобы составлять конкуренцию некоторым видам ископаемого топлива: по данным Energy Science & Engineering суммарные выбросы парниковых газов при получении «голубого» водорода превышают более чем на 20% выбросы при сжигании природного газа или угля. Таким образом, углеродный след производства данного вида энергоносителя, как правило, имеет большее значение по сравнению с добычей и эксплуатацией того же природного газа. Система же получения «зеленого» водорода полностью исключает возможность каких-либо выбросов в окружающую среду и предполагает электролиз воды с применением возобновляемых источников энергии, чем достигается нулевая углеродная эмиссия как при производстве, так и при использовании энергоносителя.

Заключение

«Зеленое» водородное топливо – путь к повышению устойчивого развития мирового сообщества. Производство и использование данного энергоисточника сведет к нулю углеродные выбросы в энергетическом секторе, избавит страны, не обладающие собственными топливными ресурсами, от энергозависимости со стороны внешних государств, что благоприятно скажется на состоянии их экономик. Положительным глобальным аспектом станет возможность частичного отказа от ископаемых источников энергии. Так или иначе, для перехода к водородной энергетике требуется колоссальный объем инвестиций и время для реализации новых технологий. Активная декарбонизация и повсеместное внедрение «зеленого» водорода как топлива должны снизить его стоимость и сделать его более доступным для всех сфер жизнедеятельности человека.

Литература

1. Аксютин, О.Е. Экологическая эффективность производства и использования природного газа на основе оценки полного жизненного цикла / О.Е. Аксютин, А.Г. Ишков // Газовая промышленность. Экология. – 2017. – спецвып. №1. - №750. – с. 18-25.
2. Лесюкова, В.В. Характеристики водорода как топлива и накопителя энергии / В.В. Лесюкова; науч. рук. Лапченко Д.А. // Энергетика и цифровая трансформация [Электронный ресурс] : материалы международной конференции «Тинчуринские чтения»: направление 1 «Электроэнергетика и электроника»: секция "Энергоресурсоэффективные и экологически безопасные технологии в энергетике и нефтегазопереработке". – Казань: КГЭУ, 2021.
3. Попутные нефтяные газы. Справка [Электронный ресурс] // Риа новости. – Режим доступа: <https://ria.ru/20100201/206673791.html>. – Дата доступа: 16.10.2021.