

УДК 620

**Щеклеин Сергей Евгеньевич,**

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой Атомных станций  
и возобновляемых источников энергии,  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
г.Екатеринбург, Российская Федерация

**Коржавин Сергей Александрович,**

заведующий лабораторией,  
кафедра Атомных станций  
и возобновляемых источников энергии,  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
г.Екатеринбург, Российская Федерация

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АККУМУЛЯЦИИ  
СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ  
ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ**

*Аннотация:*

Одним из путей аккумуляции солнечной энергии, является электролитическое разложение воды и получения водорода. В данной работе представлен альтернативный метод аккумуляции солнечной энергии путем получения биоэтанольного топлива. Показано, что применение технологии биотермического получения этанола является перспективным путем синхронизации графиков приходов энергии от солнца и использования ее потребителями.

*Ключевые слова:*

этанол, метанол, водород, аккумуляция, солнечная энергия, эксергия

Известно, что солнечная энергия, поступающая на поверхность планеты, является наиболее обильным и экологически чистым энергетическим ресурсом. Биологически активная часть солнечного спектра (ФАР) является основой процессов фотосинтеза в живой природе и приводит к развитию всех видов растительных биомасс. Плотность энергии солнечной радиации на поверхности планеты после прохождения атмосферы достигает значений 500-1000 Вт/кв.м и

практически вся может быть преобразована в тепловую форму.

Однако, особенностью солнечной энергии является нерегулярный в течение суток и года характер прихода, осложняемый стохастическими процессами ослабления при прохождении слоев атмосферы [ 1 ]. Для большинства регионов мира длительность солнечного сияния не превышает 8-10 часов в сутки. Потребности современного человека в энергии значительно превышают эту продолжительность и являются для многих производств и бытовых приборов круглосуточными. Главное же изменение энергопотребления и поступления солнечной энергии происходит по сезонам года. На рисунке 1 приведены графики потребления и прихода энергии от солнца для условий Российской Федерации.

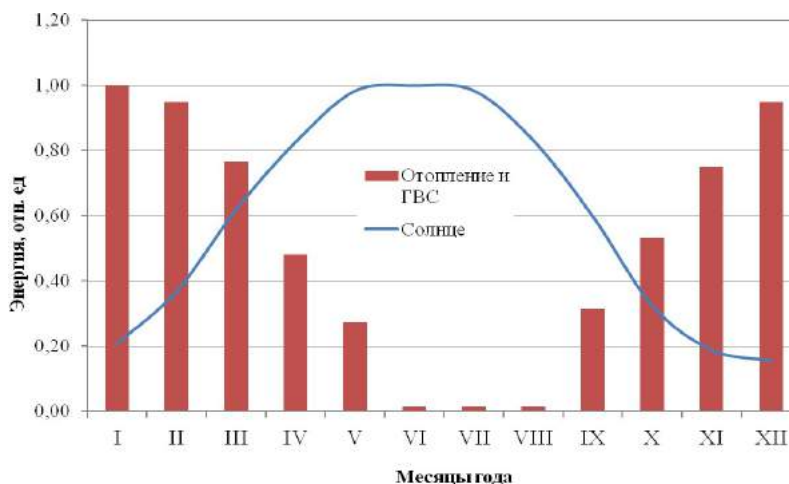


Рисунок 1. Годовое изменение потребления энергии и прихода энергии от солнца.

Научными школами разных стран мира ведется поиск эффективных путей аккумуляции солнечной энергии [ 2,3,4 ]. Одним из наиболее перспективных, считается метод использования ее в часы наибольшего прихода для электролитического разложения воды и получение водородно-го топлива в виде сжатого газа или металлгидрида [5].

Однако водородное топливо в настоящее время не имеет развитых сфер практического применения, нуждается в сложных системах хранения и транспортировки; пожаро и взрывоопасно.

В данной работе представлена, альтернативная водородной, технология получения с помощью энергии солнца этанольного топлива, как спо-

соб преобразования солнечной энергии в удобный для хранения и использования жидкий энергоноситель [6]. В качестве сырья для получения этанола может быть использована практически любая растительная биомасса, являющаяся производной от солнечной энергии.

Известно, что процессы получения таких искусственных топлив, как этанол и водород являются высокоэнергоёмкими. В таблице 1 приведены характерные данные по достигнутым уровням энергоёмкости получения этанола биохимическим методом и водорода методом электролиза воды.

Таблица 1. Удельные энергоёмкости получения этанола и водорода

Технология получения	Единица измерения	Удельная энергоёмкость, $\varepsilon_{уд}$
Этанола биохимическим методом	МДж /л	3,6
Водорода методом электролиза воды	МДж /м <sup>3</sup>	7,2

В таблице 2 приведены сравнительные энергетические характеристики этанола и водорода в получаемом виде. Последующее преобразование с целью изменения объема либо агрегатного состояния требуют дополнительных значительных затрат энергии.

Таблица 2. Теплота сгорания этанола и водорода

Энергоноситель	Единица измерения	Теплота сгорания (низшая), $q_n$
Этанол	МДж/л	27
Водород	МДж/м <sup>3</sup>	11

Рассматривая данные энергоносители, как среды предназначенные для аккумуляирования и сохранения энергии введем понятие коэффициента аккумуляции- отношения хранящейся в единицу массы (объема) энергии к затратам энергии на получение данного запаса.

$$K_{\varepsilon} = q_n / \varepsilon_{уд}, \text{ МДж/МДж}$$

$$K_{\text{этанол}} = 27/3,6 = 7,5$$

$$K_{\text{водород}} = 11/7,2 = 1,5$$

Следовательно, эффективность аккумуляирования энергии в виде жидкого этанола в 5 раз выше, чем получение и хранение водорода.

Особенностью получения энергоносителей предназначенных для аккумуляирования, является различное качество энергии, используемой для осуществления соответствующих процессов, характеризующееся эксергетической эффективностью технологии. Биохимические и последующие ректификационные процессы получения этанола

используют тепловую энергию низкого потенциала; электролиз воды требует применения электрической энергии. Учитывая, что энергоносители предназначены для энергетического использования (например в качестве автомобильного топлива), введем показатель эксергетической эффективности аккумулирования энергии в виде:

$$Z_{\text{эф}} = e_{\text{н}} / e_{\text{уд}}, \text{ МДж/МДж}$$

где:  $e_{\text{н}} = \eta_{\text{е}}^{\text{техн}} q_{\text{н}}$  - эксергия технологий использования энергоносителя, МДж;

$e_{\text{уд}} = \varepsilon_{\text{уд}} * \eta_{\text{е}} = \varepsilon_{\text{уд}} (1 - T_{\text{ос}}/T_{\text{тех}})$  - эксергия используемой теплоты для получения, МДж;

$e_{\text{уд}} = \varepsilon_{\text{уд}} * \eta_{\text{е}} = \varepsilon_{\text{уд}}$  - эксергия электрической энергии ( $\eta_{\text{е}} = 1$ ) для получения, МДж;

$\eta_{\text{е}}^{\text{техн}}$ ,  $\eta_{\text{е}}$  - эксергетические КПД технологий использования и получения энергоносителя;

$T_{\text{ос}}$ ,  $T_{\text{тех}}$  - температуры окружающей среды и технологии, соответственно, °К.

Для нормальных условий:

$$Z_{\text{этанол}} = 27 \eta_{\text{е}}^{\text{техн}} / 3,6(1-293/393) = 30 \eta_{\text{е}}^{\text{техн}}$$

$$Z_{\text{водород}} = 11 \eta_{\text{е}}^{\text{техн}} / 7,2 = 1,5 \eta_{\text{е}}^{\text{техн}}$$

Следует отметить, что при использовании водорода в качестве энергетического либо моторного топлива возникают новые экологические проблемы, связанные с потреблением большего количества окислителя (кислорода атмосферного воздуха) и сбросом в атмосферу продуктов термохимического преобразования негорючих компонентов воздуха в виде экологически опасных окислов (в первую очередь окислы азота).

Наличие в молекуле этанола химически связанного кислорода, участвующего в реакции окисления углеводородной составляющей вещества, приводит к уменьшению потребления атмосферного кислорода. В таблице 3 приведены данные по стехиометрическому количеству воздуха, требующегося для полного сгорания топлива [ 7 ].

Таблица 3. Потребление воздуха (окислителя) необходимого для сгорания этанола и водорода.

Энергоноситель	Количество воздуха, кг/кг	Количество воздуха, кг/МДж
Этанола	8,5	0,2
Водород	34,8	0,245

Из приведенных данных следует, что при сгорании равных масс топлива для водорода требуется в 4 раза большее количество воздуха, следовательно, продуцируется столько же окислов азота. Энергетическая оценка дает более благоприятный, однако, также негативный для водорода результат.

#### Заключение

Таким образом, получение с использованием энергии солнца жидкого этанольного топлива, является энергетически и экологически предпочтительней получения газообразного (водородного) энергоносителя.

Оценки энергоемкости и эксергетических затрат на создание водонагревательного и фотоэлектрического методов получения тепловой и электрической энергии от солнца показывают значительно (более, чем в 10 раз) повышение затрат для изготовления фотоэлектрических преобразователей, необходимых для получения водорода.

Применение предлагаемой технологии биотермического получения этанола [6] решает проблему синхронизации приходов энергии от солнца и использования энергии потребителями.

#### Список используемых источников

1. Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е., Велькин В.И., Власов В.В., Коржавин С.А., Серкова Е.В. Исследование эффективности солнечных фотоэлектрических преобразователей в натуральных условиях. // Альтернативная энергетика и экология -№3 -2012 -С. 55-58
2. Дж. Ола, А. Гепперт, С. Пракаш Метанол и энергетика будущего. Когда закончатся нефть и газ//М.2009. 416с.
1. 3.Соренсен Б. Преобразование, передача и аккумулирование энергии//М. ИД Интеллект, 2011,292 с.
3. Бут Д.А., Алиевский Б.Л., Мизюрин С.Р., Васюкевич П.В. Накопители энергии//М. Наука, 1991
4. Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водород в энергетике. /под ред. Щеклеина С.Е. // Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2014, 229 с.
2. 6. Попов А.И., Щеклеин С.Е. Солнечная установка для выработки спирта и сопутствующих материалов// Патент РФ на изобретение № 2 505 520 от 21.08.2012
6. Данилов А.М., Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Альтернативные топлива: достоинства и недостатки. Проблемы применения.//Журнал Русского химического общества им. Д.И.Менделеева, 2003, т.XLVII №6 с.4-11

**Shcheklein Sergei,**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Head of the Nuclear Power Plants and  
Renewable Energy Sources Department,  
Ural Federal University  
named after the first President of Russia B.N.Yeltsin  
Ekaterinburg, Russian Federation

**Korzhavin Sergey,**

Head of the laboratory,  
Department of Nuclear Power Plants and  
Renewable Energy Sources,  
Ural Federal University  
named after the first President of Russia B.N.Yeltsin  
Ekaterinburg, Russian Federation

**ENERGY EFFICIENCY AND EXERGY ANALYSIS  
ACCUMULATION OF SOLAR ENERGY IN  
INTERMEDIATE ENERGY RESOURCES**

*Abstract:*

One of the ways the accumulation of solar energy is water and decomposition of electrolytic hydrogen production.

In this paper is presented an alternative method of accumulation of solar energy by getting fuel biojetanolnogo.

It is shown, that application of the technology of biothermal ethanol is promising by synchronizing the schedules of the parishes of energy from the Sun and its consumers.

*Key words:*

ethanol, methanol, hydrogen accumulation, solar energy, exergy