

А. Ю. Варавинова, Н. А. Жогов, Е. С. Кузнецов, Д. В. Ступина,
С. В. Тарасиков, Д. А. Филиппова, М. В. Волкова,
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

СТАЦИОНАРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ ЦИАНОБАКТЕРИЙ

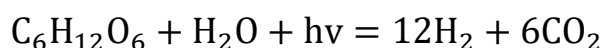
This paper presents the results of the development of an environmentally safe and versatile plant for producing hydrogen from cyanobacteria. The necessary conditions for the release of hydrogen are considered and the optimal nutrient medium is selected.

В современном мире довольно ярко выражена проблема, связанная с получением энергии из возобновляемых ресурсов, таких как геотермальная энергия рек и морей, энергия солнца, ветра. В последнее десятилетие появился особый интерес к водородной энергетике. Водород является экологически чистым топливом, практически единственным продуктом сгорания, которого является вода. Помимо высокой теплоты сгорания (122 кДж/г), еще одним важным преимуществом его использования в качестве энергоносителя является исключение выделения парниковых газов и других загрязнений в окружающую среду и снижение выброса углекислого газа в атмосферу. Следует также отметить, что водород возможно получать из практически не ограниченного по запасам сырья: отходов сельскохозяйственных предприятий, пищевых и лесоперерабатывающих производств, воды, и микроорганизмов. Как известно, существующие способы получения водорода, такие как конверсия метана и других углеводородов, переработка нефти, газификация угля и т. п. оказывают негативное влияние на окружающую среду, а существующие экологичные способы получения газа (электролиз воды на электроэнергии ветровых и солнечных электростанций) являются дорогими. Поэтому актуальной задачей является создание стационарного устройства для получения экологически чистого водорода, стоимость производства которого будет дешевле существующих способов. Для того чтобы выполнить поставленную задачу

необходимо подобрать сырье, которое бы использовалось в таком устройстве и которое не требовало бы особых условий для выделения из него водорода.

В качестве такого материала можно использовать микроорганизмы, которые сами катализируют процессы при относительно невысоких температурах и атмосферном давлении в окружающей среде. Кроме того, микроорганизмы могут восстановить и сконцентрировать энергию из водных органических ресурсов.

Для работы в качестве сырья были выбраны цианобактерии. В отличие от зеленых водорослей в сине-зеленных происходит непрямой биофотолит, который представляет собой совокупность двух реакций, осуществляемых цианобактериями, у которых водород выделяется за счет наличия гидрогеназы и нитрогеназы:



В этом процессе стадии выделения кислорода и водорода разделены в пространстве и во времени. Нитрогеназа также является ферментом, чувствительным к кислороду. У цианобактерий она преимущественно локализована в специализированных клетках, гетероцистах, неспособных к выделению кислорода. Кислород же выделяется остальными клетками. Благодаря толстой оболочке гетероцистов, не пропускающей кислород, нитрогеназа не подвергается ингибированию им.

Среди цианобактерий существуют виды, обладающие как нитрогеназной, так и гидрогеназной активностью. Это и представляют наибольший интерес, так как именно они содержат гетероцисты, защищающие нитрогеназу от ингибирующего действия кислорода.

Таким образом, цианобактерии являются единственными организмами, которые могут выделять водород в воздушной атмосфере в присутствии кислорода. Скорость образования ими водорода в несколько раз выше, чем у зелёных микроводорослей, и составляет 10-40 мл/л·ч. Использование

цианобактерий для получения водорода является предпочтительным также по той причине, что они характеризуются минимальными требованиями к субстрату. Но вода у гетероцистных цианобактерий вовлекается для образования водорода через серию промежуточных реакций, а не напрямую, как у микроводорослей и цианобактерий без гетероцист.

В основе феномена выделения водорода микроводорослями лежит процесс фотосинтеза. В ходе фотохимических реакций в тилакоидных мембранах микроводорослей за счет энергии солнечного света при определенных условиях выделяется молекулярный водород.

Проанализировав стоимость производства водорода традиционными способами, можно заметить, что получение водорода из сине-зеленых конкурентноспособно (табл. 1).

Таблица 1

Стоимость производства водорода различными способами, руб./л H₂

| Технология производства | Стоимость производства |
|--|------------------------|
| ПКМ (природный газ) | 12,7 |
| Газификация угля | 13,3 |
| Электролиз воды на электроэнергии: от энергосистемы | 44,6 |
| 1) от ВЭС (ветровые электростанции) | 65,3 |
| 2) от СЭС (солнечные электростанции) | 118,5 |
| Из сине-зеленых водорослей | 19,5 |

Устройство, разрабатываемое авторами работы, должно быть компактным и удобным в эксплуатации. Концепция такого устройства предложена ниже на рис. 1.

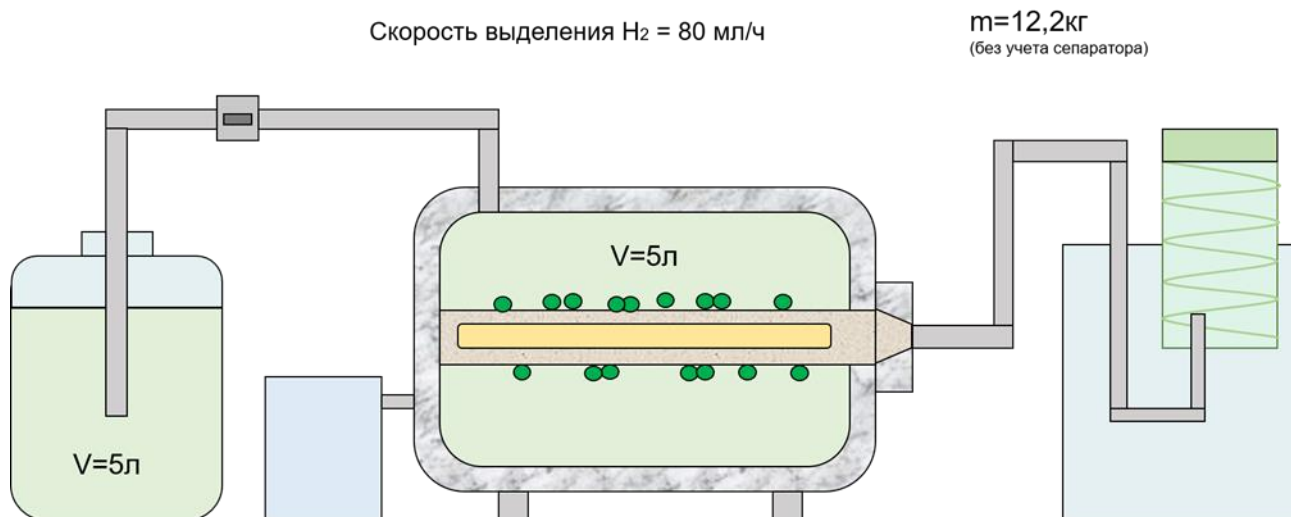


Рис. 1. Макет биореактора:

- 1 – бидон с полыми стенками, имеющими общий выход (внутри инертный газ); 2 – емкость с питательной средой; 3 – насос для подачи питательной среды; 4 – термостат; 5 – соединительные шланги; 6 – питательная среда Чу №10; 7 – сине-зеленые водоросли; 8 – полые волокна; 9 – лампа; 10 – газожидкостный сепаратор.

На данный момент ведется проработка фильтра для разделения газов и эксперименты по выделению водорода.

Синяк, Ю. В., Петров, В. Ю. Прогнозные оценки стоимости водорода в условиях его централизованного производства // Проблемы прогнозирования. – 2008. – № 3.

A. Yu. Varavinova, N. A. Zhogov, E. S. Kuznetsov, D. V. Stupina, S. V. Tarasikov, D. A. Filippova, M. V. Volkova,
Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

STATIONARY DEVICE FOR OBTAINING ENVIRONMENTALLY FRIENDLY HYDROGEN USING CYANOBACTERIA