

## ЛИТЕРАТУРА

1. Губергриц М. Я. Спектры электронного парамагнитного резонанса в прибалтийских горючих сланцах // Докл. АН СССР.— 1981 — Т. 136, № 4. С. 824—826.
2. Горлов Е. Г., Зуммеров С. Р., Паушкин Я. М. Разработка и применение композитных материалов угля с высокомолекулярными соединениями (состав, свойства и области применения) // Химия твердого топлива.— 1977.— № 1.— С. 3—16.
3. Липатов Ю. С. Физико-химия наполненных полимеров.— М., 1986.— 436 с.
4. Усиление эластомеров / Под ред. Крауса.— М., 1968.— 484 с.
5. Губергриц М. Я. Горючие сланцы Эстонии // Природа.— 1966.— № 7.— С. 94—97.

УДК 621.791.353

И. И. Бортников, П. Г. Храмцов, В. В. Эктов, Н. П. Матвейко

### ПРОИЗВОДСТВО МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ВОДОРОДА

Увеличение производства микробного белка в настоящее время сдерживается ограниченностью и большой стоимостью традиционных сырьевых ресурсов растительного происхождения — отходов деревообрабатывающей промышленности, сельскохозяйственного производства, а также продуктов переработки нефти — парафинов. В связи с этим большое внимание уделяется поиску нового, экономически рентабельного сырья, позволяющего наладить крупнотоннажное производство микробной массы. Особый интерес в этом плане представляет водород.

Как показали исследования [1], биомасса водородных бактерий по своим пищевым качествам и аминокислотному составу значительно превосходит гидролизные и углеводородные дрожжи и не содержит канцерогенных соединений [2]. Однако организация крупнотоннажного производства биомассы неэффективна вследствие высокой стоимости основного сырья — водорода. Предварительные расчеты показали, что себестоимость 1 т биомассы из водорода зависит от многих технико-экономических факторов, прежде всего от наличия экономически рентабельного сырья — водорода, высокопроизводительного оборудования, совершенного технологического процесса. Например, при осуществлении ферментации при атмосферном давлении себестоимость 1 т микробной массы составляет около 1310 руб. Осуществление этого

же технологического процесса при давлении 0,5—0,7 мПа позволяет снизить ее до 750 руб. Блокировка ферментера с электролизером, имеющим более высокие технологические параметры, дает возможность снизить себестоимость продукции еще больше.

Таким образом, при наличии экономически рентабельного сырья — водорода имеются реальные предпосылки для получения биомассы по себестоимости, близкой к достигнутой на действующих предприятиях на основе уже освоенных сырьевых ресурсов.

Использование для этих целей водорода, производимого методом конверсии природного газа или газификацией твердых и жидких видов топлива, ограничено присутствием в газовой смеси оксида углерода, токсичного для водородных бактерий [2]. Кроме того, переработка природного газа в данном случае экономически нерентабельна в связи с необходимостью освоения технологического процесса получения биомассы непосредственно из газового сырья. Производство водорода методом электролитического разложения воды требует значительных затрат электроэнергии (5,8—6,2 кВт·ч на 1 м<sup>3</sup> водорода). Организация этого процесса под давлением 1—4 мПа и при температуре 300—500 К позволит снизить удельные затраты на 10—15% [3]. Однако данный метод пока не может служить основой для организации крупнотоннажного производства водорода, поскольку требует высоких материальных и энергетических затрат.

В связи с этим особое внимание уделяется комбинированным (замкнутым) процессам получения водорода из воды, где используется тепловая, электрическая и другие виды энергии [4, 5]. В названных процессах основным энергосберегающим фактором является электрохимическая реакция, а удельный расход электроэнергии, как и при прямом электролизе, определяется напряжением на электролитической ячейке  $W$  [3]:  $W = E/0,41$ , где  $E$  — общий баланс напряжения на электролитической ячейке, В.

В общем балансе напряжения основную величину составляет перенапряжение на электродах, которое находится в прямой зависимости от материала и конструкции электродов, состава электролита. При прямом электролитическом разложении воды с использованием электродов из традиционных материалов напряжение на электрической ячейке составляет 2,2—2,5 В, что опреде-

ляет удельный расход электроэнергии [3]. При осуществлении комбинированного процесса получения водорода на электродах протекают несколько иные реакции, отличающиеся от прямого разложения воды, что обеспечивает снижение напряжения на ячейке. Однако и в этом случае напряжение на электролитической ячейке в значительной степени зависит от материала и конструкции электродов. Разработанные [5] электроды из нетрадиционных материалов позволили производить электролитическое разложение при общем балансе напряжения на ячейке реактора в пределах 1,4—1,5 В, что соответствует удельному расходу электроэнергии на получение водорода в пределах 3,4—3,6 кВт·ч/м<sup>3</sup>. Это обеспечивает реальную возможность для организации крупнотоннажного производства электролитического водорода, используемого в качестве сырья при получении микробной биомассы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Котелев В. В. Микробиологический синтез белка на базе водородокисляющих бактерий // Изв. АН БССР. Сер. ФЭН.— 1976.— № 3.— С. 63—68.
2. Заварзин Г. А. Литотрофные бактерии.— М., 1972.— 325 с.
3. Якименко Л. М., Модылевская И. Д., Ткачек З. А. Электролиз воды.— М., 1970.— 262 с.
4. Асташко В. И., Дроздович В. В., Новиков Г. И. и др. О возможности получения водорода в иодиодатном термоэлектрохимическом цикле // Тез. докл. Всесоюз. конф. «Электрохимическая энергетика».— М., 1979.— С. 24—25.
5. Храмцов П. Г., Матвейко Н. П. Экономия энергоресурсов в замкнутом технологическом процессе производства водорода из воды // Экономика и науч. организация труда.— М.,— 1984.— № 11.— С. 14—17.