

БИОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА**И. В. Григоренко***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

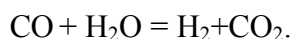
Научный руководитель Я. О. Шабловский

В настоящее время существуют несколько биологических способов получения водорода. Одним необходим свет, а другим – нет.

По принципу образования водорода выделяются следующие процессы:

- темная ферментация органических веществ анаэробными бактериями (брожение);
- биофототлиз воды зелеными микроводорослями (прямой) и цианобактериями (непрямой);
- гибридные системы с использованием фотосинтетических и анаэробных бактерий;
- фоторазложение органических веществ фотосинтезирующими бактериями.

Возможно получение водорода путем конверсии угарного газа CO, основанное на уникальной реакции, обнаруженной у фотосинтетических пурпурных бактерий [1]. Пурпурные бактерии – это одноклеточные микроорганизмы своеобразной розовой или красной окраски, связанной с наличием у них пигментов фотосинтеза. Эти бактерии могут выделять водород в результате так называемой шифт-реакции (реакции конверсии), протекающей согласно уравнению



Образование водорода в этом случае происходит из воды. В отличие от цианобактерий и водорослей пурпурные бактерии не используют для разложения воды солнечную энергию, реакция происходит в темноте. Эта реакция отличается тем, что она протекает в одну сторону и при комнатной температуре, что является очень существенным преимуществом.

Синтезирование водорода катализируют одновременно два фермента: гидрогеназа и специфическая СО-гидрогеназа. Скорость выделения водорода в такой реакции весьма высокая: в зависимости от условий, объемы варьируются в пределах от 140 до 700 мл/л · ч.

Для иммобилизации пурпурных бактерий предложено применять стеклоткань [2]. Стеклоткань обладает всеми преимуществами пористого стекла (прозрачна, механически устойчива, обладает высоким отношением поверхности к объему), но гораздо дешевле.

Такой способ иммобилизации пурпурных бактерий предпочтителен, поскольку на данный момент известно небольшое количество испытаний по способам культивирования бактерий. Еще предстоит найти самую оптимальную среду для жизни пурпурных бактерий в условиях биореактора.

Нами предлагается следующая конструкция биореактора по выработке водорода фотосинтетическими пурпурными бактериями (рис. 1).

Установка по выработке биоводорода включает корпус 1, с теплоизоляцией 2, крышку 3 с воздушным клапаном 4, вход для сырья 5, герметичную крышку 6, выход для отработанного сырья 7 с шаровым краном 8.

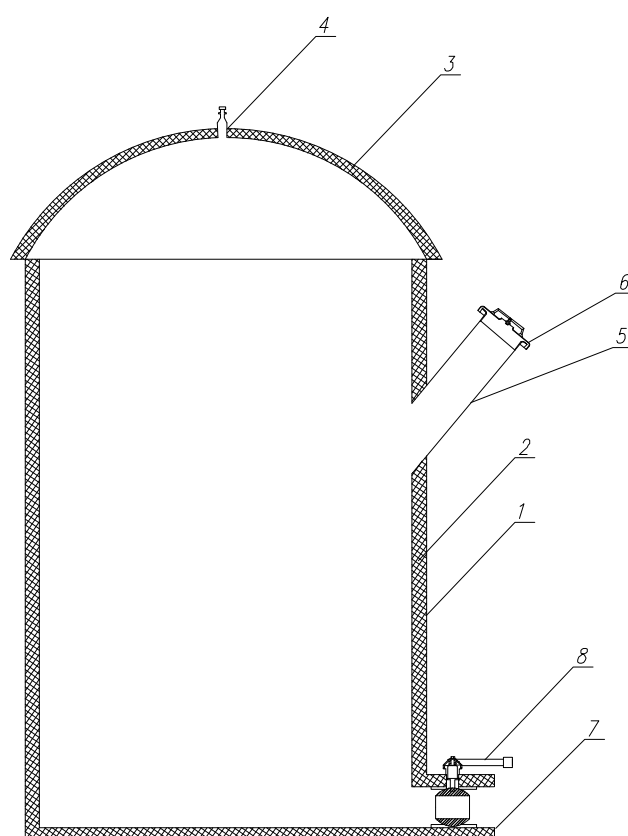


Рис. 1. Конструкция биоводорода по выработке водорода фотосинтетическими пурпурными бактериями

Корпус 1 изготавливается из коррозионностойкой нержавеющей стали марки 08X18H10 [3]. Данная марка стали обладает высоким сопротивлением к агрессивным кислотным, солевым, кислым средам, а также к воздействию углекислого газа. В такой стали введены важные легирующие добавки, такие, как марганец (до 2 %), титан (до 0,5 %), хром (от 17 до 19 %), кремний (около 0,8 %) и никель (от 9 до 11 %).

Наличие в сплаве никеля и хрома обеспечивает внутренней стенке корпуса реактора высокое сопротивление к воздействию агрессивных сред, хром придает поверхности сплава прочную защиту от коррозионных отложений, углерод – высокую твердость и прочность.

Кроме этого такая сталь обеспечит стойкость к межкристаллической коррозии и длительный срок службы. Это особо важно, так как пурпурно несерные бактерии предпочитают богатые органикой пресные водоемы, болотистые почвы и прибрежные морские воды.

При хранении газов и жидкостей, в особенности – на открытом воздухе, необходима теплоизоляция. Так как они подвергаются воздействию внешней среды (перепады температур, осадки, солнечный свет), между внешней и внутренней стенкой предусмотрена теплоизоляция 2 из минеральных матов, которая обеспечит снижение воздействия этих факторов к минимуму [4]. Минеральные волокна не горят, просты в установке и монтаже, а также дешевы.

Внешней оболочкой корпуса биореактора служит сталь СТЗ толщиной 4–5 мм [5]. Она широко распространена в листовом прокате, особенно при обшивке несущих конструкций. Прокат стали может протекать при холодной гибке или штамповке.

В качестве антикоррозионного первичного покрытия внешней части корпуса используется грунтовка ГФ-021. Слой покрытия обладает высокой адгезией, образуя надежную защитную пленку. Она послужит отличной основой для дальнейшей покраски емкости. Финишная окраска выбирается заказчиком индивидуально в зависимости от условий внешней среды.

Газ, который образуется в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, будучи легким, поднимается в верхнюю часть установки, в которой расположена сферическая крышка 3. В верхней точке находится воздушный клапан 4, для откачки водорода, образовавшегося в процессе работы реактора. Диаметр клапана может варьироваться в зависимости от объема всей установки. Клапан имеет герметичное перекрытие заслонки с силиконовым уплотнением. Материалом корпуса служит нержавеющая сталь. Управление клапаном может осуществляться за счет механической ручки с фиксатором положения или же с помощью установки электропривода, обеспечивающего автоматизацию. Изогнутая форма позволяет достичь максимального сбора образовавшегося водорода, который впоследствии будет откачан.

Материалы крышки ничем не отличаются от тех, из которых изготовлен корпус самого реактора.

По устройству возможны два варианта:

1. Крышка приваривается к корпусу, что обеспечивает герметичность и простоту конструкции.

2. Крышка дополняется герметичным механизмом для ее открытия и закрытия.

В корпусе 1 предусмотрен вход 5 для подачи сырья. Вход изготовлен из стали марки СТЗ.

На входе устанавливается герметичная крышка 6. Она обеспечивает правильное открытие и герметичное закрытие заливного отверстия отсека, а также может дополняться установкой электронных датчиков. Температура эксплуатации: от -40 до $+50$ °С. Материалом корпуса является сплав АмГЗм с защитным покрытием. Материалом запорного механизма является сталь 08Ю с покрытием горячим цинком. Уплотнения изготавливаются из резиновой смеси 3826с-НТА.

В основании емкости предусмотрен выход 7 для отработанного сырья с шаровым краном 8. Кран предназначен для герметичного перекрытия и удобства опустошения биореактора. Корпус выполнен из нержавеющей стали. Ручка исполнена из стали с антикоррозионным порошковым напылением алюминия. Уплотнитель изготовлен из синтетического фторированного каучука. Такой материал не боится воздействия углеводородных реагентов, агрессивных растворителей и минеральных кислот.

Вся биоустановка должна устанавливаться на подготовленную устойчивую поверхность с возможностью продолжительной эксплуатации.

Работа биореактора осуществляется следующим образом. Предварительно в реактор помещается стеклоткань, которая стерилизуется непосредственно в реакторе, что снижает риск заражения клеток из-за взаимодействия с воздухом. Затем подается среда [2] Ормеруда (5 мМ глутамата и 15 мМ лактата) с инокулятом (15 %). В таком сочетании выделение водорода в биореакторе стабильно и непрерывно. При этом иммобилизация культуры происходит в течение 2 суток. После иммобилизации пурпурно несерные бактерии готовы к взаимодействию с органическими отходами. Наиболее подходящим отходом является барда, которая образовывается при производстве спирта. Оптимальная концентрация барды для стабильного образования водорода составляет 10–20 % от всего объема субстрата [2]; Остальную часть составляет вода. Такой раствор заливается в установку и герметично закрывается крышкой. Выра-

ботка водорода бактериями способна продолжаться на протяжении трех месяцев, по истечению которых субстрат сливается и процесс повторяется заново.

Литература

1. Марков, С. А. Биоводород: возможное использование водорослей и бактерий для получения молекулярного водорода / С. А. Марков // Альтернатив. энергетика и экология. – 2007. – Т. 1, №. 45. – С. 30–35.
2. Текучева, Д. Н. Пурпурные несерные бактерии в двухстадийном процессе получения водорода из органических отходов / Д. Н. Текучева // Возобновляемые источники энергии света при фотосинтезе : Молодеж. шк. конф. с междунар. участием. – М., 2008. – С. 7–21.
3. Характеристики марки стали 08X18H10. – Режим доступа: https://emk24.ru/wiki/staligost/stal-08kh18n10_8164870/. – Дата доступа: 25.12.2021.
4. Теплоизоляция емкостей и резервуаров. – Режим доступа: <https://pechiexpert.ru/teploizolyatsiya-embkostej-i-rezervuarov-01/>. – Дата доступа: 25.12.2021.
5. Материаловедение – сталь Ст3 : справочник. – Режим доступа: <https://stankiexpert.ru/spravochnik/materialovedenie/stal-st3.html>. – Дата доступа: 25.12.2021.

ФУНКЦИЯ ГРИНА ГАРМОНИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА

В. Ю. Златина

Учреждение образования «Гомельский государственный технический институт имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. Ю. Гавриш

Известно, что большинство физических задач сводятся к дифференциальным уравнениям [1], [2], решение которых проводят специализированными методами. К одним из таких задач можно отнести задачу о колебательном движении.

В работе дано решение задачи о гармоническом осцилляторе методом функции Грина. В начале статьи приводится процедура решения дифференциальных уравнений указанным методом. Затем кратко представлена функция Дирака, которая используется в изучаемом подходе. Далее проведена процедура определения функции Грина гармонического осциллятора. Как результат работы, в конце статьи изучен случай решения поставленной для случая экспоненциальной вынуждающей силы.

Метод функции Грина решения дифференциальных уравнений. Пусть дифференциальное уравнение имеет вид

$$\hat{Q}f(x) = f_0(x), \quad (1)$$

где \hat{Q} – линейный дифференциальный оператор; $f(x)$ – искомая функция, а $f_0(x)$ – некоторая заданная функция. Искомую функцию можно определить из соотношения

$$f(x) = \hat{L} f_0(x), \quad (2)$$

в котором \hat{L} есть некоторый оператор, определяемый видом оператора \hat{Q} . Для решения поставленной задачи введем вспомогательную функцию $G(x-x')$, являющуюся решением уравнения

$$\hat{Q} G(x-x') = \delta(x-x'), \quad (3)$$