



НАЛИЧИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ БИОРЕАКТОРЕ

Н.А. Суховский
аспирант кафедры электрификации
ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА»

*Электростатическое поле,
электростатический биореактор,
электрокинетический потенциал,
Chlorella vulgaris*

*Electrostatic field,
the electrostatic bioreactor,
electrokinetic potential,
Chlorella vulgaris*

В современном мире большое внимание уделяется экологически чистым продуктам и сырью с большим кругом возможного использования. Одним из таких продуктов является микроскопическая водоросль *Chlorella vulgaris*, которая находит своё применение в таких отраслях экономики, как пищевая промышленность, фармакология, химическая промышленность, сельское хозяйство и др.

Существует два основных способа выращивания микроводоросли хлореллы [1]:

установки под открытым небом, применяемые в странах с тропическим климатом;

биореакторы, применение которых возможно в любых климатических условиях.

Производительность установок под открытым небом намного превышает производительность биореакторов. Поэтому был предложен способ стимулирования микроводоросли хлореллы электростатическим полем в электростатическом биореакторе, разработанном на базе ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА» [2].

Некоторые ученые [3] считают, что воздействие на организмы в водном растворе внешним электростатическим полем невозможно, так как оно будет полностью экранироваться противоионами. Поэтому, чтобы определить возможность воздействия электростатическим полем на микроводоросль хлореллу, необходимо исследовать наличие электростатического поля в биореакторе.

Методика

Для исследования наличия электростатического поля в биореакторе были изготовлены уменьшенные копии биореактора, представляющие собой стеклянные прямоугольные емкости с геометрическими параметрами, измеренными снаружи: длина = $6 \cdot 10^{-2}$ м, высота = $5 \cdot 10^{-2}$ м, ширина = $4 \cdot 10^{-2}$ м.

Для определения наличия электростатического поля в уменьшенных копиях биореактора к ним снаружи были прикреплены медные электроды в виде пластин с припаянными проводами, подключенными к источнику постоянного тока высокого напряжения (рис. 1).

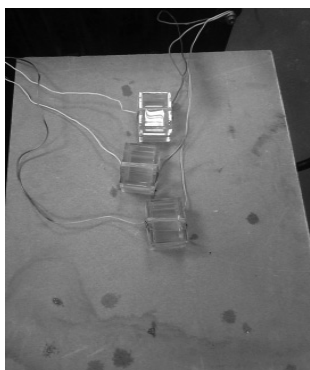


Рисунок 1 – Уменьшенные копии биореактора с прикрепленными медными электродами

В уменьшенную копию биореактора наливался электролит и насыпались волосы размером $1 \cdot 10^{-2}$ м, которые затем перемешивались в емкости.

От источника постоянного тока на электроды подавалось напряжение в 30 кВ, после чего анализировался рисунок, в который выстроились волосы, находящиеся в электролите. Для достоверности эксперимента опыт повторялся 5 раз, с заменой стеклянной емкости, электролита и волос. Так как волосы являются диэлектриком, то при воздействии на них внешним электростатическим полем они должны выстраиваться вдоль силовых линий поля [4].

Результаты исследования

В результате исследования волосы, находящиеся в уменьшенной копии биореактора, заполненного электролитом, выстроились следующим образом (рис. 2).



Рисунок 2 – Расположение волос в электролите

Из рисунка 2 видно, что после подачи напряжения на прикрепленные к стенкам электроды, волосы не меняют своего положения. Поэтому можно утверждать, что в биореакторе в объеме электролита отсутствует электростатическое поле и воздействие на клетки микроводоросли возможно лишь в граничной зоне воды и стекла, или при непосредственном контакте со стеклом.

На границе раздела двух сред – стекла и воды – возникает двойной электрический слой, состоящий из потенциалобразующих ионов и противоионов. Противоионы, в свою очередь, состоят из адсорбционного и диффузного слоев ионов [5].

Так как суспензия хлореллы постоянно перемешивается, то на границе скольжения фаз при их относительном перемещении в электрическом поле будет возникать электрокинетический потенциал (ζ). Положение границы скольжения в двойном электрическом слое неизвестно. Полагают, что граница скольжения проходит на расстоянии толщины адсорбционной части двойного электрического слоя.

Электрокинетический потенциал можно рассчитать по формуле Гемгольца-Смолуховского [5]:

$$\zeta = \frac{v \cdot \eta}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E} = \frac{v \cdot \eta \cdot l}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot U}, \quad (1)$$

где: v – скорость движения среды, м/с; η – вязкость среды, Н·с/м²; ε – диэлектрическая проницаемость среды; E – напряженность поля, В/м; l – расстояние между электродами, м; ε_0 – электрическая постоянная, $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; U – подаваемое напряжение, В.

Так как в электростатическом биореакторе электроды прикреплены к наружным стенкам емкостей, то напряженность электрического поля, образованная связанными зарядами поляризованного диэлектрика, направлена навстречу основному полю электродов, вследствие чего поле внутри диэлектрика ослабляется. Следовательно, напряженность поля в стеклянной стенке емкости биореактора можно рассчитать по формуле:

$$E_{cm} = \frac{E_{вод} \cdot \varepsilon_{вод}}{\varepsilon_{cm}}, \quad (2)$$

где: $\varepsilon_{вод}$, $\varepsilon_{ст}$ – диэлектрическая проницаемость воды и стекла, соответственно; $E_{вод}$ – напряженность электрического поля в воде, В/м.

Напряжение внутри емкости рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned}
 U &= E_{\text{вод}} \cdot h_{\text{вод}} + E_{\text{ст}} \cdot h_{\text{ст}} = \\
 &= \frac{E_{\text{вод}} \cdot \varepsilon_{\text{вод}} \cdot h_{\text{ст}}}{\varepsilon_{\text{ст}}} + E_{\text{вод}} \cdot h_{\text{вод}} = \\
 &= E_{\text{вод}} \left(\frac{\varepsilon_{\text{вод}} \cdot h_{\text{ст}}}{\varepsilon_{\text{ст}}} + h_{\text{вод}} \right), \quad (3)
 \end{aligned}$$

где: $h_{\text{ст}}$ – толщина стекла, м; $h_{\text{вод}}$ – толщина слоя воды, м.

Из формулы (3) следует, что напряженность в водном промежутке равна:

$$E_{\text{вод}} = \frac{U \cdot \varepsilon_{\text{ст}}}{\varepsilon_{\text{вод}} \cdot h_{\text{ст}} + h_{\text{вод}} \cdot \varepsilon_{\text{ст}}}, \quad (4)$$

Таким образом, электрокинетический потенциал в емкости электростатического биореактора будет рассчитываться по следующей формуле:

$$\zeta = \frac{v \cdot \eta \cdot (\varepsilon_{\text{вод}} \cdot h_{\text{ст}} + \varepsilon_{\text{ст}} \cdot h_{\text{вод}})}{\varepsilon_0 \cdot U \cdot \varepsilon_{\text{ст}} \cdot \varepsilon_{\text{вод}}}, \quad (5)$$

Так как наилучшее напряжение стимулирования хлореллы составляет 15 кВ [2], то электрокинетический потенциал на границе скольжения:

$$\zeta = \frac{0,5 \cdot 0,001 \cdot (81 \cdot 0,06 + 8 \cdot 0,4)}{81 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 15000 \cdot 8} = 46,5 \text{ В.}$$

Вывод

В электростатическом биореакторе в объеме электролита отсутствует электростатическое поле, так как будет происходить его экранирование противоионами. Клетки хлореллы будут подвергаться воздействию электростатического поля при попадании на стеклянную поверхность или при попадании в зону электрокинетического потенциала, который в данном случае составляет 46,5 В.

Литература

1. Сальникова, М.Я. Хлорелла – новый вид корма [Текст] / М.Я. Сальникова – М.: «Колос», 1977. – С. 5.
2. Богданова, А.А. Влияние различного напряжения и времени воздействия электростатического поля на морфофизиологические показатели CHLORELLA VULGARIS ИФР № С-111 [Текст] / А.А. Богданова, Н.А. Суховский // XXI Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии» (посвященная 70-летию А.И. Таскаева). Материалы докладов. – Сыктывкар: УрО РАН, 2014. – 372 с.
3. Nekrasov, S.A. Biophysical Impacts of Space Origin [Text] / S.A. Nekrasov // European researcher. – 2012. – Vol. 1(16). – P. 93–100.
4. Шмигель, В.В. Сепарация и стимуляция семян в электрическом поле [Текст] / В.В. Шмигель. – Кострома.: Изд-во КГСХА, 2003. – 234 с.
5. Савицкая, Т.А. Коллоидная химия: строение двойного электрического слоя, получение и устойчивость дисперсных систем. Пособие для студентов химического факультета [Текст] / Т.А. Савицкая, Д.А. Котиков, Т.А. Шичкова. – Минск: БГУ, 2011. – 82 с.

ОБЪЯВЛЕНИЕ

В издательстве ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА» в 2012 г. вышла монография «Реализация системного подхода в воспитании молодежи» / Г.Е. Ананьин.

В монографии рассмотрены вопросы истории и современного состояния системного подхода как методологического инструмента познания и оптимизации воспитания молодежи.

Монография предназначена для преподавателей высших учебных заведений, аспирантов, магистрантов, студентов педагогических вузов.

УДК 37.02; ББК 74.00; ISBN 978-5-98914-117-3; 136 с. (МЯГКИЙ ПЕРЕПЛЕТ)

ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58. ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА»

E-mail: vlv@yarcx.ru