УДК 579.266

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СУЛЬФАТОВ И СУЛЬФИДОВ В АНОДНОЙ КАМЕРЕ МИКРОБНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ГЕНЕРАЦИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА**

П. А. Павлова, Е. В. Панкратова, А. А. Самков, Н. Н. Волченко, А. А. Худокормов

*Кубанский государственный университет, Краснодар*

В работе рассматривается влияние неорганических соединений серы, как факторов, способствующих увеличению электрогенеза в микробных топливных элементах (МТЭ). В качестве объекта исследования использовали микрофлору донных отложений лимана Горький Каневского района Краснодарского края, осуществляющую электрогенез в анодных камерах мембранного МТЭ, куда были внесены Na2S и MgSO4. В зависимости от типа вносимого соединения серы – сульфида или сульфата, наблюдалось в той или иной степени выраженное повышение электрогенеза по сравнению с контролем, где за время эксперимента было сгенерировано 5,5 Кл электричества. Рост электрогенеза в МТЭ наблюдался с повышением концентрации как сульфидов, так и для сульфатов. При внесении 10 мг/л, в пересчете на серу – электрогенез составил 7,9 Кл и 12,6 Кл соответственно, 50 мг/л – 10,7 Кл и 17,0 Кл, 100 мг/л - 10,9 Кл и 21,9 Кл. При внесении 500 мг/л - в случае сульфидов электрогенез упал до 6,9 Кл, сульфатов – продолжил возрастать и достиг 25,6 Кл.

Микробный топливный элемент (МТЭ) получил популярность благодаря актуальности альтернативной энергетики. Однако, применение МТЭ ограничено малой мощностью, в связи с чем целью работы стало определение возможности использования различных природных соединений серы как потенциальных медиаторов электрогенеза в МТЭ. Известно, что соединения серы, способные значительно менять степень окисления, играют большую роль в анаэробных микробиоценозах, где сульфаты могут выступать в качестве конечных акцепторов электронов, а сульфиды – воздействовать на среду. Известно, что в МТЭ соединения серы активно участвуют в процессах переноса электронов на анод, и предполагается, что их внесение может увеличивать электрогенез.

**Материалы и методы**

Объектом исследования послужили МТЭ мембранного типа, использующие анаэробный микробиоценоз донных отложений водоема. Использовали мембрану МФ-4СК и углеродный войлок Карбопон (Белоруссия). Воздушно-катодные однокамерные мембранные ячейки заполняли модельной сточной водой. В анодные камеры вносили Na2S и MgSO4 в концентрациях от 10, 50, 100 и 500 мг/л в пересчете на серу. Для инокуляции в анодную камеру каждой ячейки вносили микрофлору донных отложений. В течение 450 часов эксперимента, проводившегося при комнатной температуре, на полюсах резистора в 1 КОм, установленного во внешнюю цепь, измеряли напряжение, по которому вычисляли ток. Оценивали динамику, экстремальные значения тока I и суммарное количество электричества Q каждого МТЭ.

**Результаты и обсуждение**

Ячейки инкубировали в течение 450 часов или 19 суток. Динамика электрического тока для ячеек, с сульфидом и сульфатом приведена на рисунках 1 и 2 соответственно. Для контрольных ячеек Q и максимальный ток МТЭ составили 5,5 Кл и 28,9 мкА соответственно. Отмечено, что при внесении сульфидов максимум эффективной работы МТЭ приходился на период времени с 150 до 250 часов эксперимента и на концентрациях от 50 до 100 мг/л.

Притом, что у контрольных МТЭ пик наблюдается на промежутке от 250 до 300 часов эксперимента, при внесении сульфатов максимум приходился на временной промежуток от 140 до 250 часов вне зависимости от концентрации, что позволяет судить об ускорении процессов электрогенеза при внесении сульфатов по сравнению с сульфидами.

Известно, что сульфиды не только используются в цикле серы, как доноры электронов для сероокисляющих бактерий, но и в высоких концентрациях проявляют токсическое действие на микроорганизмы.

Оценка суммарного количества электричества, продуцируемого МТЭ, и пропорционального площади под кривой тока показала положительное влияние соединений серы на электрогенез. Закономерность в изменении, с ростом концентрации S, показателя Q, у МТЭ с сульфидами и сульфатами была различной и значительно выше по сравнению с контролем.

Рассматривая внесение Na2S, можно сказать, что при концентрациях 10 и 500 мг/л, суммарное электричество составило 7,9 Кл и 6,9 Кл соответственно, по сравнению с контролем эти значения в 1,43 и 1,25 раз больше. При 50 и 100 мг/л, эти значения составили 10,7 Кл и 10,9 соответственно, что показывает увеличение электрогенеза в 1,94 и 1,98 раза. При внесении MgSO4 наблюдалось значительное увеличение суммарного электричества, при 10 мг/л - 12,6 Кл и значит в 2,29 раз больше контроля, 50 мг/л - 17 Кл в 3 раза больше, 100 мг/л - 21,9 Кл в 3,98 раза больше, а также 500 мг/л - 25,6 Кл в 4,65 раза больше. При добавлении сульфида рост электрогенеза, предположительно, мог быть связан со снижением редокс-потенциала в анодной камере. В аналогичных опытах это было связано с биогенным синтезом сульфита и сульфида, и тем самым демонстрируя взаимосвязь электрогенеза и восстановления сульфата в МТЭ. Данные том, что присутствие сульфатов влияет на состав микробиологических сообществ, увеличивая долю сульфатредуцирующих бактерий, что опосредованно влияет на электрогенез, были показано также Xiaoye S. с соавторами.

Повышение концентрации сульфидов, по сравнению с сульфатами, менее влияло на электрогенез в МТЭ. Предположительно, это может также происходить из-за их негативного влияния на протонобменную мембрану. Обнаружено, что внесение как сульфидов, так и сульфатов, увеличивает электрогенез МТЭ. Известно, что в сульфидных МТЭ сульфид выполняет роль медиатора, перенося заряд в анодной камере МТЭ, что обеспечивает подачу электронов во внешнюю цепь.

Серосодержащие соединения играют огромную роль в процессах электрогенеза в МТЭ, являясь потенциальным медиатором переноса электронов. В каждом случае добавления сульфатов и сульфидов, вне зависимости от концентраций, исключая максимальную использованную концентрацию Na2S, сила тока и напряжение МТЭ увеличивалось. По результатам исследования видно, что самые высокие и стабильные показатели прироста электрогенеза обеспечиваются сульфатами, несмотря на то, что они являются потенциальными конкурентами с анодом за восстановительные эквиваленты.