

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИЗ ВОДЫ БАКТЕРИЙ *Bacillus subtilis*

*Панасюгин А.С., **Ломоносов В.А. ***Маширова Н.П.,
****Павловский Н.Д., ****Павловский М.Н.

*Белорусский национальный технический университет**

Белорусский государственный университет***

УО «Военная академия Республики Беларусь»****

УО «Гродненский государственный медицинский университет»

Вода является веществом, без которого не могут жить люди, животные, растения, а также ценнейшим природным ресурсом, который используется человечеством во всех отраслях экономики. Вода – одно из великих национальных богатств, чистая вода – это залог здоровья нации.

В этой связи большую актуальность приобретает разработка безреагентных методов очистки природных вод от молекулярно-растворимых и коллоидно-дисперсных загрязнений [1, 2]. Несомненный практический интерес представляют методы электрофильтрации, позволяющие проводить очистку воды от содержащихся в ней бактерий и микроорганизмов [3, 4].

Эксперимент по очистке воды от бактериальных микроорганизмов проводился с использованием установки с фронтальным режимом электрофильтрации. Установка представляет собой стеклянный корпус, внутрь которого помещена титановая мембрана и изолированная сетка из нержавеющей стали. Электрофильтрацию проводили следующим образом: в системе создавалось определенное разряжение за счет подключения перистальтического насоса, с помощью которого исследуемый объем подвергался циркуляции через систему «металлокерамическая мембрана – противозлектрод». После установки разряжения задавался необходимый потенциал стабилизатором напряжения, и исходный раствор подавался в систему, после чего производился отсчет начала процесса электрофильтрации.

В исследовании для приготовления водных коллоидно-дисперсных растворов бактериальных микроорганизмов была использована чистая культура бактерий *Bacillus subtilis* из коллекции БелНИИКТИ Мясомолочной промышленности Республики Беларусь. Культивирование бактерий производили на полноценных питательных средах на основе аминокислотного бульона (АМПБ) и плотных питательных средах на основе АМПБ с добавлением агар-агара в концентрации 1,5 %. Для серийных разведений микроорганизмов использовали стерильный физиологический раствор (0,9 % раствор NaCl в дистиллированной воде). Все среды и растворы стерилизовали методом паровоздушного автоклавирования. Поддержание жизнеспособных микроорганизмов осуществляли при посеве на плотную питательную среду и содержании культуры при температуре 4С с периодическими пассажами на свежую питательную среду. Подсчет числа колоний, образуемых

жизнеспособными клетками в благоприятных для роста условиях, проводили чашечным методом Коха.

Бактерии пересевали бактериальной петлей в 5 мл АМПБ и помещали в термостат на 18 часов при температуре 28 °С. Затем суспензию бактерий разводили свежим стерильным АМПБ в отношении 1:10 в необходимом количестве, и инкубировали при температуре 28 °С с аэрацией в течение 2 часов. После этого бактерии осаждали центрифугированием при 5000 об/мин в течение 10 минут и ресуспензировали исходным объемом физиологического раствора.

Концентрацию бактериальной суспензии разводили до необходимой величины $2 - 4 \cdot 10^3$ кл/мл и определяли фотоколориметрическим методом по предварительно построенной калибровочной кривой. Для проведения эксперимента наиболее подходящей была суспензия, содержащая $10^2 - 10^3$ клеток/мл, что соответствует такому количественному наличию бактериальных клеток в природных и промышленных объектах. Она достигалась путем последовательных разведений из исходной концентрированной суспензии (10^8 клеток/мл).

Для построения калибровочной кривой определяли зависимость оптической плотности при длине волны $\lambda = 670$ нм от числа клеток на 1 мл раствора. Для этого проводили измерение оптической плотности образца бактериальной суспензии и одновременно высевали пробу на чашках Петри для определения числа клеток в образце. По результатам измерений строили зависимость оптической плотности от концентрации бактериальных клеток (Рис. 1). Предельная абсолютная погрешность измерений на фотоэлектрическом калориметре КФК-2 (калориметр фотоэлектрический концентрационный) составляет $2 \pm 1 \%$.

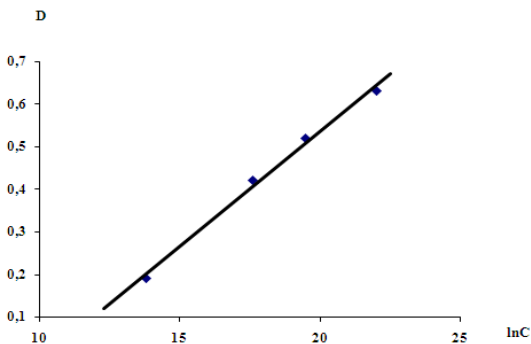


Рис. 1. Зависимость величины оптической плотности (D) от концентрации бактериальных микроорганизмов *Bacillus subtilis*

Определение степени очистки раствора производили путем отбора проб фильтрата через определенные промежутки времени. Равные количества фильтрата из отобранных проб наносились на питательную среду в чашки Петри, которые затем помещались в суховоздушный термостат на ночь, после

чего проводился подсчет числа макроколоний, образуемых каждой живой клеткой микроорганизмов.

Очистка мембраны осуществлялась путем пропускания горячей дистиллированной воды через систему при обратном потенциале. Стерильность мембран контролировалась путем помещения их в соответствующую код-среду, реагирующую на присутствие хотя бы одной живой клетки микроорганизма. Использование титановых мембран со средним диаметром пор 100, 40 и 15 мкм показало, что лучшие сорбционные свойства проявили мембраны с минимальным размером пор, что приводило к их быстрому закупориванию в течение 3-5 минут и существенно снижало возможность их практического применения вследствие необходимости частой очистки. Для практического использования оптимальными являются мембраны с диаметром пор 40 мкм, что позволяет снижать концентрацию бактериальных клеток в фильтрате в 4 - 4,5 раз, в зависимости от скорости процесса электрофильтрации (Рис. 2,3).

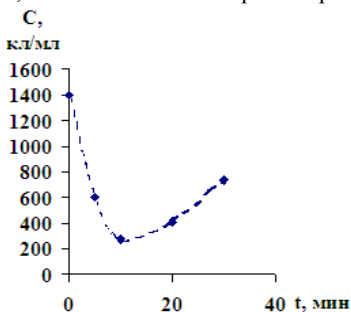


Рис. 2. Изменение концентрации клеток *Bacillus subtilis* от времени электрофильтрации при скорости фильтрации 10 мл/мин ($d_{\text{пор}}=40\text{мкм}$, $E=9,4\text{ В/см}$)

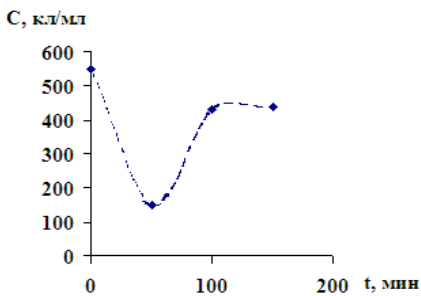


Рис. 3. Изменение концентрации клеток *Bacillus subtilis* от времени электрофильтрации при скорости фильтрации 1 мл/мин ($d_{\text{пор}}=40\text{мкм}$, $E=9,4\text{ В/см}$)

Эффективность электроудерживания в случае чистой культуры бактерий значительно зависит от величины напряженности поля. С увеличением напряженности поля содержание клеток в фильтрате существенно уменьшается (Рис. 4).

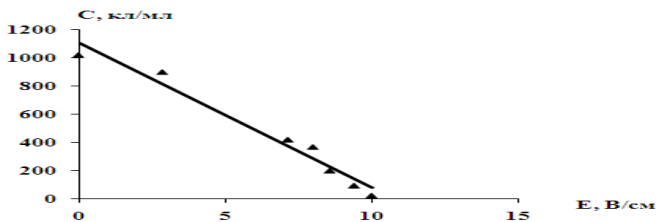


Рис. 4. Зависимость концентрации клеток *Bacillus subtilis* в фильтрате от величины напряженности электрического поля ($d_{\text{пор}} = 40$ мкм, $t = 10$ мин, $V = 10$ мл/мин, $C_{\text{исх}} = 2,5 \cdot 10^3$ кл/мл)

Установлено, что при электрофильтрации оптимальным значением напряженности электрического поля является 9,4 В/см, что обеспечивает максимальную электроадсорбцию и не вызывает протекание электролиза воды.

ЛИТЕРАТУРА

1.Цхе А.В., Цхе А.А., Шукин А.А. Способ безреагентной очистки и обеззараживания воды путем создания эффекта взрывной кавитации и устройство для его осуществления // Вода и экология: проблемы и решения. – 2010. – №3.

2.Андрианов А.П. Перспективы применения мембранных методов ультрафильтрации и нанофильтрации на крупных водопроводных станциях.// Водоочистка. – 2007. – февраль.