

П. И. ГВОЗДЯК, Т. П. ЧЕХОВСКАЯ, В. Д. ГРЕБЕНЮК,
Л. П. КОШЕЧКИНА

УДЕРЖИВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ЗЕРНИСТЫХ ЗАГРУЗКАХ, ПОМЕЩЕННЫХ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

(Представлено академиком А. А. Имшенецким 25 VII 1973)

Частицы почвы, стекло, ионообменные смолы, активированный уголь, фосфат кальция, сернистый барий и многие другие твердые материалы адсорбируют различные микроорганизмы ⁽¹⁾. Природа такого взаимодействия до конца не выяснена. Предполагается, что основную роль в этом процессе играют силы электростатического притяжения, которые зависят от природы поверхности твердого тела, величины и характера ее заряда, а также от электрокинетических свойств микробной клетки.

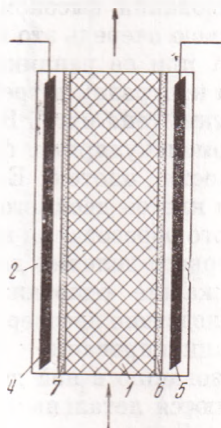


Рис. 1. Схема ячейки для удерживания микроорганизмов на загрузке в электрическом поле. 1 — средняя камера; 2, 3 — электродные камеры; 4, 5 — электроды; 6, 7 — мембраны. Стрелками обозначено направление движения суспензии

Нами обнаружено, что помещенные в электрическое поле диэлектрики и проводники второго рода приобретают способность удерживать микроорганизмы в количествах, во много раз превышающих адсорбционную емкость материалов загрузки вне электрического поля. Эффективность процесса отделения микроорганизмов от жидкости зависит от напряженности электрического поля, природы материала загрузки, скорости потока жидкости, содержания в ней электролитов, вида микроорганизмов, температуры. После отключения электрического тока микробные клетки освобождаются и легко вымываются из загрузки потоком жидкости; при повторном наложении электрического поля снова происходит удерживание микроорганизмов на загрузке. При этом эффективность такого электрофильтрации не уменьшается.

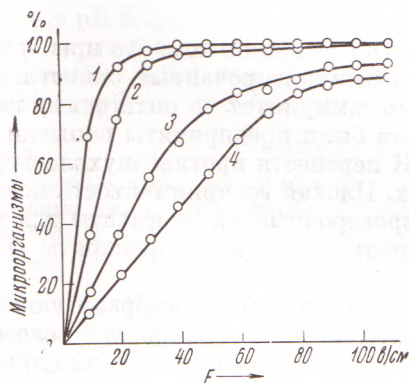
Опыты проводили в закрытой ячейке (рис. 1), которая состоит из трех камер: средней и двух электродных, разделенных между собой мембранами с целью исключения влияния продуктов электродных реакций на процесс удерживания микроорганизмов. Среднюю камеру наполняли гранулированной загрузкой и через нее снизу вверх с определенной скоростью пропускали суспензию микроорганизмов. В электродных камерах циркулировала дистиллированная вода или раствор электролита. Ячейка изготовлена из органического стекла и снабжена устройствами для подвода и отвода жидкостей. Электроды представляют собой титановые пластины, покрытые окисью марганца.

В работе использовали различные культуры микроорганизмов — грамположительные и грамотрицательные бактерии, споровые и бесспоровые, в возрасте от нескольких часов и до 20 суток, живые и мертвые, большого и малого размеров: *Serratia marcescens*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Bac. polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Saccharomyces cerevisiae* и др.,

в том числе и бактериофаги. Применяли загрузки и мембраны из различных материалов, а также постоянный, переменный и импульсный электрический ток.

На рис. 2 приведены результаты одного из опытов с односуточной культурой *Saccharomyces cerevisiae* в дистиллированной воде. В качестве загрузки служил силикагель марки КСМ № 5 с размером зерен 1,5–2 мм, мембраны были изготовлены из целлофана, применялся постоянный ток, в электродных камерах циркулировала дистиллированная вода. Размеры рабочей камеры (длина, ширина, высота) 25×20×40 мм, электродных камер 25×5×40 мм, напряжение на электродах 20–220 в, сила тока 0,5–15 ма. Исходная суспензия содержала 10^6 дрожжевых клеток в 1 мл. Скорость протока суспензии через среднюю камеру регулировали в пределах

Рис. 2. Влияние напряженности электрического поля и скорости протока жидкости на удерживание *Saccharomyces cerevisiae* на силикагеле. Скорость протока суспензии (мл/мин): 1 – 1,5; 2 – 2,2; 3 – 5,5; 4 – 10,5



от 1,5 до 10,5 мл/мин. Температура и реакция среды исходной и выходящей жидкости существенно не отличались. Концентрацию клеток микроорганизмов измеряли с помощью ФЭК-56.

Анализ полученных данных показывает, что эффективность удерживания микроорганизмов на загрузках увеличивается с увеличением напряженности электрического поля и уменьшением скорости протекания жидкости через загрузку. Характер кривых во всех опытах аналогичен приведенным на рис. 2, но сами кривые смещены в ту или другую сторону в зависимости от природы мембран и материала загрузки и вида микроорганизмов. По-видимому, наблюдаемое явление обусловлено двумя факторами: 1) доставкой клеток микроорганизмов к поверхности зерен загрузки в результате электрофореза и 2) собственно удерживанием этих клеток на загрузке благодаря электростатическому взаимодействию.

И электрофорез, и электростатическое удерживание обеспечивается напряженностью внешнего электрического поля и многочисленных локальных полей, которые возникают в системе при поляризации материала загрузки и клеток микроорганизмов ⁽²⁾. Можно предположить также, что обладающие определенным дипольным моментом микробные клетки под действием электрического поля ассоциируются в цепочечные агрегаты, что способствует их удерживанию в огромных количествах, значительно превышающих адсорбционные возможности поверхности загрузки.

Описанное явление может быть использовано для отделения и концентрирования различных микроорганизмов, для обеззараживания и стерилизации жидкостей.

Институт коллоидной химии и химии воды
Академии наук СССР
Киев

Поступило
2 VII 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Д. Г. Звягинцев, Докторская диссертация, МГУ, 1970. ² Г. Мирдель, Электрофизика, М., 1972, стр. 548.