УДК 537.811:579

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВОДНЫЕ РАСТВОРЫ МИКРООРГАНИЗМОВ[1]

Н. С. Васильев[2], ***О. В. Евдокимова***[3], ***М. Г. Барышев***[4], ***Н. Н. Куликова***[5]

THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELD ON WATER SOLUTIONS OF MICROORGANISMS

Vasiljev N. S., Evdokimova O. V., Baryshev M. G., Kulikova N. N.

This article is devoted to the problem of the electromagnetic field effect on different microorganisms. Authors studied the change of the Escherichia coli quantity according to frequency, amplitude of the electromagnetic field, and exposition time. Possible mechanisms of the electromagnetic action on the Escherichia coli colonies are described in the article.

В настоящее время актуальна проблема обеззараживания питьевой воды, сточных вод, бассейнов и различных водоемов. Существующие методы очистки воды обладают рядом серьезных недостатков: широкое использование хлорирования, которое сопряжено с образованием токсичных элементов, ускоряющих старение организма и вызывающих возникновение целого ряда различных патологий; применение ультрафиолетового излучения, приводящее к образованию остатков органических соединений, многие из которых являются источником свободных радикалов; необходимость в больших финансовых затратах. Следовательно, существует потребность в разработке новых, более эффективных методов очистки воды.

1. Методы и объекты исследования

Объектом исследования являлась Escherichia coli (кишечная палочка), водные растворы которой, объемом 1 мл, помещались в стерильные пробирки. Затем пробирки с исследуемым образцом обрабатывались электромагнитным полем в экранированной камере. Как известно, основными параметрами гармонического электромагнитного поля являются амплитуда, частота и время экспозиции. Поэтому исследовалось изменение численности колоний Escherichia coli в зависимости от каждого из этих параметров отдельно. При воздействии электромагнитным полем на микроорганизмы фиксировались два параметра, а третий подвергался изменению. По-

[1]Работа выполнена при поддержке РФФИ (04-01-08101), РФФИ р2003юг (04-01-96822), Фонда содействия малых форм предприятий в научно-технической сфере (2531/4923), ЮНЦ РАН (00-05-13, 00-05-25), ФЦНТП (РИ-112/001/301).

[2]Васильев Николай Сергеевич, аспирант кафедры радиофизики и радиоэкологии Кубанского государственного университета.

[3]Евдокимова Ольга Владимировна, канд. физ.-мат. наук, заведующая кафедрой художественного проектирования костюма Кубанского государственного университета.

[4]Барышев Михаил Геннадьевич, д-р биол. наук, профессор кафедры радиофизики и радиоэкологии Кубанского государственного университета, заведующий лабораторией проблем природных и новых материалов.

[5]Куликова Наталья Николаевна, аспирант кафедры радиофизики и радиоэкологии Кубанского государственного университета.

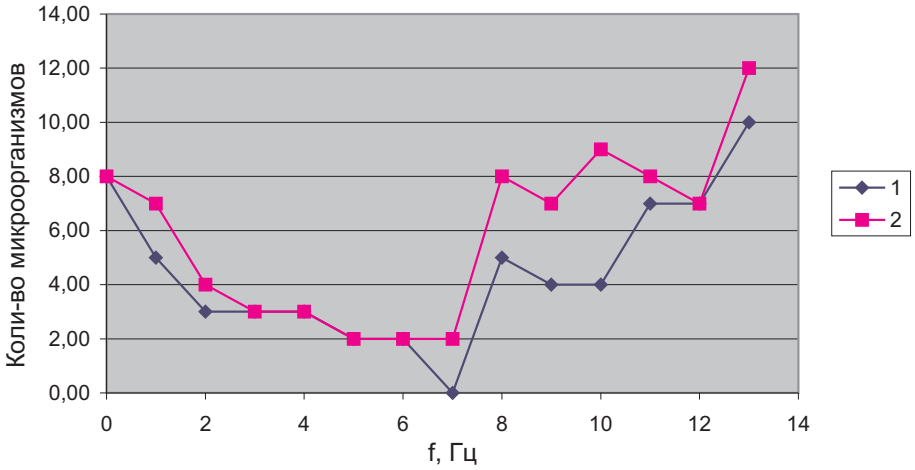

Рис. 1. Изменение численности колоний Escherichia coli от частоты воздействующего электромагнитного поля (1 — после 72 ч, 2 — 168 ч)

сле этого в обработанный образец вносились питательные соли, источник углерода (глюкоза) и высевались колонии Escherichia coli. Полученные водные растворы помещались в аппарат для культивирования микроорганизмов роторного типа на 72 ч при температуре 32°C.

Из каждого раствора с культурой Escherichia coli готовили препарат с разведениями, помещали в счетную камеру Горяева и под микроскопом производили подсчет клеток кишечной палочки. Расчет количества клеток производился по следующей формуле:

$$M = 1000anb/h,$$

где M — количество клеток в 1 мл; a — количество клеток в камере микроскопа; n — разведение препарата; b — установленный коэффициент для данной камеры ($b = 400$); h — глубина камеры (мм).

Растворы обрабатывались электромагнитным полем в диапазоне частот от 0 до 13 Гц.

2. Результаты исследования

Эксперименты выявили зависимость между численностью колоний исследуемой культуры и параметрами воздействующего электромагнитного поля. Как можно видеть из рис. 1, количество микроорганизмов изменяется в зависимости от частоты поля. По характеру данной зависимости можно провести аналогию с действием биологически активных веществ в сверхмалых дозах. Наблюдается подобное скачкообразное изменение величины биологического действия (в данном случае подавление или стимуляция размножения) от концентрации определенных веществ (в данном случае от частоты электромагнитного поля). Размножение исследуемой культуры активно подавляется в диапазоне частот 1–12 Гц, либо стимулируется при частоте 13 Гц. При воздействии полем с частотой равной 7 Гц не наблюдалось ни одной активной колонии микроорганизмов. Через 72 ч культивирования, после подсчета колоний, обработанные полем растворы микроорганизмов не уничтожались, а вновь помещались в благоприятные для размножения условия. Следующий подсчет количества колоний Escherichia coli был произведен через 168 ч. Сравнение количества микроорганизмов при отсутствии поля (0 Гц) и с частотой 7 Гц (рис. 1) показало, что погибает 75 % культуры и прекращается размножение 25 % в течение 72 ч. После обработки электромагнитным полем оставшаяся часть колоний микроорганизмов начинает очень медленно размножаться.

Установлено, что биологическое действие электромагнитного поля с частотой 7 Гц было наиболее эффективным, поэтому дальнейшие эксперименты проводились с использованием этой же частоты. На рис. 2 и 3 представлены зависимость численности колоний Escherichia coli от амплитуды (напряженности) электромагнитного поля (рис. 2) и времени экспо-

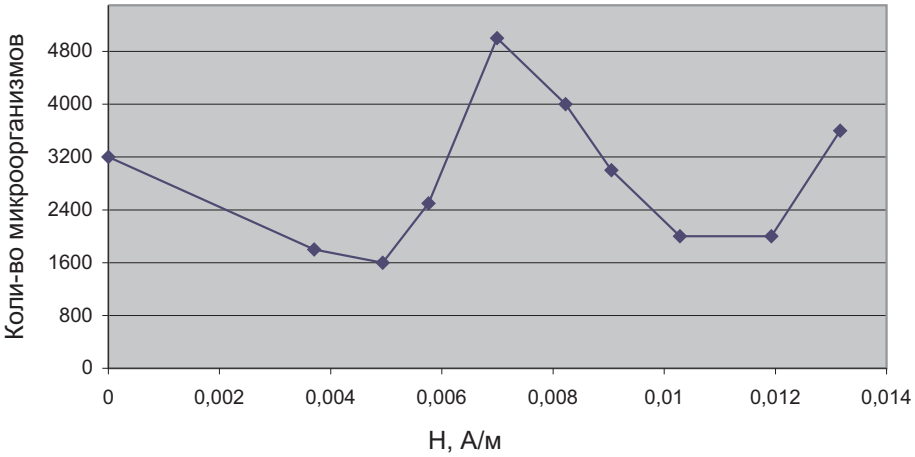

Рис. 2. Зависимость численности колоний Escherichia coli от напряженности электромагнитного поля

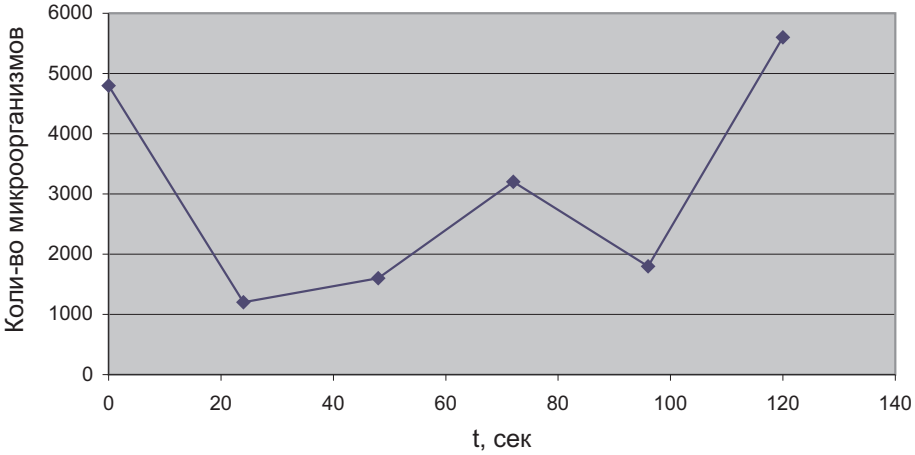

Рис. 3. Зависимость численности колоний Escherichia coli от времени экспозиции

зиции (рис. 3). Следует заметить, что электромагнитное поле в исследуемом диапазоне частот является квазистационарным. В этом поле преобладает магнитная компонента, поскольку согласно расчетам электрическая составляющая в 10 в 11-й степени раз меньше магнитной [1]. Поэтому можно считать, что на исследуемую культуру микроорганизмов воздействует только магнитное поле. Обе зависимости, изображенные на рисунках 2 и 3, имеют максимумы и минимумы, которые характеризуют эффективность биологического действия поля.

Водный раствор микроорганизмов можно рассматривать как активную среду, которая подвержена воздействую низкочастотного квазистационарного электромагнитного поля. Так как поле квазистационарно, то энергия не переносится от одной точки пространства к другой, однако она может поглощаться молекулами среды. Как было сказано выше, в низкочастотном электромагнитном поле преобладает магнитная составляющая, воздействие которой на движущиеся заряды может привести к изменению ориентаций молекул среды в пространстве. Учитывая особенности структуры воды и водных растворов, а также коллективные эффекты, можно предположить, что воздействие полем на некоторое малое количество молекул среды вызывает структурную перестройку во всем ее объеме [2]. Это приводит к изменению физико-химических свойств водных растворов, в которых находятся микроорганизмы, а также непосредственно к изменению самих микроорганизмов.

Подавление размножения колоний Escherichia coli под действием электромагнитного поля можно объяснить изменением размера границы раздела: мембрана (клетки кишечной палочки) — раствор (питательные вещества в воде). В результате изменяется и избирательность мембраны клетки микроорганизма [3]. Поэтому питательные вещества в меньших количествах попадают внутрь клетки, что ведет к замедлению, а в ряде случаев к полному прекращению развития и размножения микроорганизмов. Учитывая тот факт, что клетки микроорганизмов «стареют», т. е. наступает момент прекращения деления клеток, можно предположить, что электромагнитное поле блокирует на некотором этапе процесс размножения достаточно долгое время, пока клетка не становится «старой». Так как клетка не размножается, она не способна сформировать колонию, следовательно, она не учитывается при подсчете. Либо можно предположить, что действие поля аналогично действию пенициллина, который блокирует процесс формирования клеточной мембраны микроорганизма, что ведет к ее гибели [4].

Литература

1. *Никольский В. В.* Электродинамика и распространение радиоволн // М.: Наука, 1973. 608 с.
2. *Яшкичев В. И.* Вода, движение молекул, структура, межфазные процессы и отклик на внешнее воздействие // М.: Агар, 1996. 51 с.
3. *Антонченко В. Я.* Физика воды // Киев: Наукова думка, 1986. 37 с.
4. *Елинов Н. П.* Химическая микробиология // М.: Высшая школа, 1989. 448 с.

Статья поступила 14 сентября 2005 г.
Кубанский государственный университет
© Васильев Н. С., Евдокимова О. В., Барышев М. Г., Куликова Н. Н., 2005