УДК 537.811.579

О КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ВРЕМЕНЕМ СПИН-СПИНОВОЙ РЕЛАКСАЦИИ МАГНИТООБРАБОТАННОЙ ВОДЫ И ВЫЖИВАЕМОСТЬЮ МИКРООРГАНИЗМОВ[1]

***Барышев М. Г.*[2], *Васильев Н. С.*[3], *Джимак С. С.*[4]**

CORRELATION BETWEEN THE TIME OF SPIN-SPIN RELAXATION OF MAGNETIC WATER AND THE SURVIVAL RATE OF MICROGERMS

Barishev M. G., Vasiliev N. S., Jimack S. S.

The time change of spin-spin relaxation of magnetic water was revealed with the help of the nuclear magnetic resonance spectroscopy. The experiments were carried out to study influence of the electromagnetic treatment on the survival rate of microgerms. These experiments proved the correlation between the time of spin-spin relaxations of water and the survival rate of microgerms.

Keywords: time of spin-spin relaxation of water, magnetic water, low frequencies, survival rate of microgerms

Проведенные биологические опыты по исследованию влияния электромагнитного поля крайне низких частот (ЭМП НЧ) слабой интенсивности на биологические объекты: микроорганизмы, семена — указывают на то, что регуляция их активности осуществляется за счет изменений свойств содержащейся в них воды [1, 2]. Именно поэтому настоящее исследование посвящено изучению корреляции между временем релаксации воды и выживаемостью микроорганизмов, обработанных электромагнитным полем низких частот с одинаковыми параметрами поля.

Для проведения экспериментов использовали дистиллированную воду с удельным сопротивлением 300 кОм/см. Обработку проб воды ЭМП НЧ проводили в стеклянной емкости в экранированной камере при помощи генератора низкочастотных сигналов Г3-118, к которому подсоединяли катушку индуктивности с 2 500 витков. Индукция магнитного поля составляла 0,2 мТл. Напряженность электрического поля была пренебрежимо мала. Созданная установка позволяла генерировать синусоидальные колебания крайне низких частот. Нестабильность частоты в диапазоне от 3 до 30 Гц составляла 0,2 %. Причем необходимым условием эксперимента являлось наличие расстояния между емкостью с водой и катушкой индуктивности. Во всех проведенных экспериментах образцы воды подвергали обработке ЭМП НЧ в течение 30 с.

Микробиологические исследования проводили по следующей методике: в стерильных условиях готовили 10 образцов, каждый из которых представлял собой пробирку со стерильной дистиллированной водой, содержащей взвесь микроорганизмов. Объем водной среды с микроорганизмами был одинаков для всех образцов и составлял 2 мл. Из 10 образцов — 9 подвергались воздействию электромагнитного поля, а оставшийся образец являлся контрольным. После воздействия электромагнитного поля на культуру *Saccharomyces cerevisiae* образцы в стерильных условиях рассевали на чашки Петри с мясо-пептонным агаром. Перед рассевом

[1]Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (П361).

[2]Барышев Михаил Геннадьевич, д-р биол. наук, профессор кафедры радиофизики и бионанотехнологии Кубанского государственного университета; e-mail: science-pro@kubsu.ru

[3]Васильев Николай Сергеевич, канд. биол. наук, доцент кафедры радиофизики и бионанотехнологии Кубанского государственного университета; e-mail: nikolasvs@mail.ru

[4]Джимак Степан Сергеевич, канд. биол. наук, преподаватель кафедры радиофизики и бионанотехнологии Кубанского государственного университета; e-mail: jimack@mail.ru

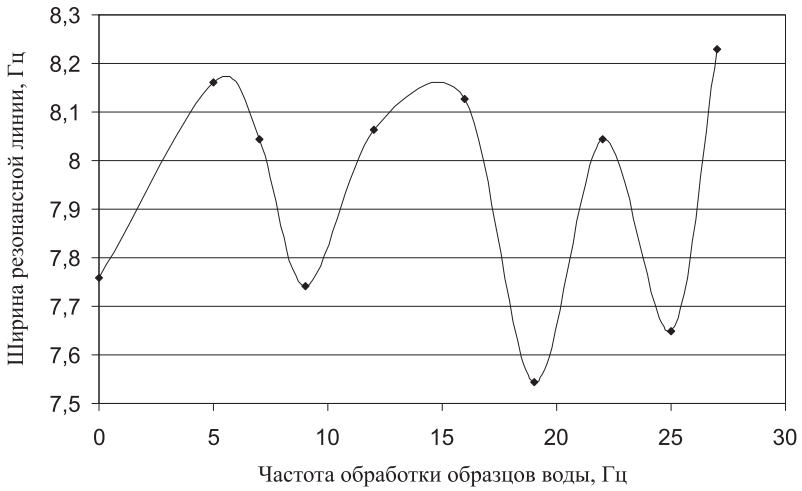

Рис. 1. Зависимость изменения ширины линии воды в спектре ЯМР на ее полувысоте от частоты ЭМП НЧ, которому предварительно подвергали образцы дистиллированной воды

водную среду, содержащую микроорганизмы, тщательно перемешивали. Затем чашки Петри с культурой *S. cerevisiae* помещались в термостат при температуре 32 °C. По истечении 72 ч. производился подсчет количества колоний и оценивалась выживаемость микроорганизмов. Методика анализа численности клеток *S. cerevisiae* включала статистическую обработку полученных экспериментальных данных и оценку погрешности, которая не превышала 5 %.

Об изменении свойств жидкости, в частности воды, после ее магнитной обработки известно давно [3, 4]. Одним из современных методов оценки изменения свойств воды является измерение времени ее спин-спиновой релаксации при помощи импульсного ЯМР спектрометра. Сигналы ЯМР отражают влияние целого ряда слабых взаимодействий между ядрами и электронами внутри молекулы, между различными ядрами одной молекулы и между ядрами соседних молекул.

Исследования, проведенные на импульсном ЯМР спектрометре JNM-ECA400, позволили определить зависимость изменения ширины резонансной линии в спектре ЯМР на ее полувысоте от предварительной обработки образца воды ЭМП НЧ. Результаты исследования представлены на рис. 1. Настройку прибора осуществляли по 12 % дейтерированной воде. Спектр получали для ядер водорода при температуре 30 °C.

Из рис. 1 видно, что максимальное отличие от контрольного образца в сторону увеличения ширины линии составило 5,7 %, а в сторону уменьшения — 2,8 % при ошибке ±0,5 %. Частота ЭМП НЧ, которым обрабатывали воду, в этих случаях была 27 и 19 Гц соответственно, при индукции магнитного поля 0,2 мТл.

Известно, что низкочастотное электромагнитное воздействие вызывает изменение жизнедеятельности различных биологических систем. С точки зрения экологии при анализе данного изменения необходимо учитывать совместное влияние на исследуемый биологический объект различных абиотических факторов (температуры, радиационного баланса и т. д.). В лабораторных условиях можно создать фактически идеальные условия, способствующие активной жизнедеятельности биологического объекта. В данной ситуации легче выявить различные особенности, характерные для низкочастотного электромагнитного воздействия. Создание оптимальных условий жизнедеятельности для исследуемого биологического объекта позволяет минимизировать влияние абиотических факторов и провести не только качественную, но и количественную оценку интенсивности воздействия электромагнитного поля. При исследовании механизмов данного воздействия возникла необходимость в сопоставлении изменения магнитных (структурных) свойств конденсированной среды с изменением жизнедеятельности биологического объекта.

Экспериментальным путем установлено изменение репродуктивной деятельности микроорганизмов *Escherichia coli* и *S. cerevisiae* под воздействием низкочастотного электромагнитного поля [5, 6]. Изменение концентрации жизнеспособных клеток ука-

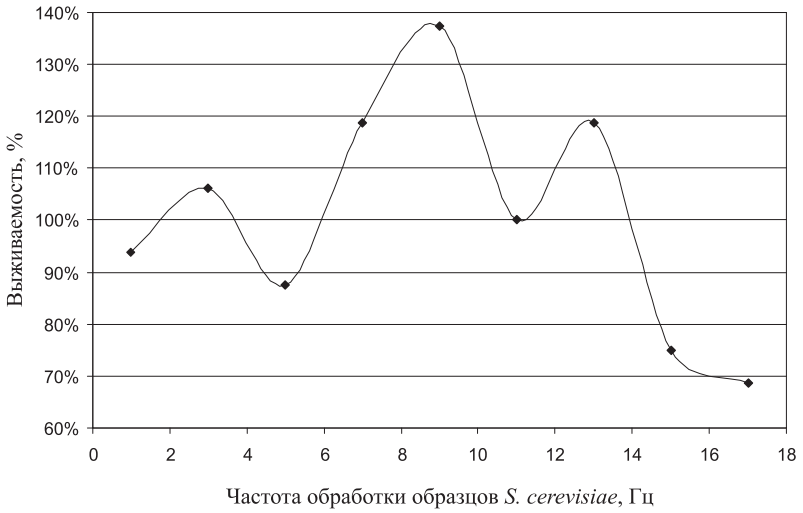

Рис. 2. Выживаемость *S. cerevisiae* при различных значениях частоты ЭМП НЧ

занных микроорганизмов под воздействием электромагнитного излучения можно объяснить, исходя из правила минимума, сформулированного еще в середине двадцатого века известным немецким химиком Ю. Либихом — возможность существования конкретного биологического вида в определенном районе и степень его «процветания» зависят от факторов, представленных в наименьшем количестве [7]. Рассматривая низкочастотное электромагнитное излучение как лимитирующий фактор для культур *Escherichia coli* и *S. cerevisiae*, можно предположить, что это дополнительный, более тонкий механизм регулирования численности популяции микроорганизмов, предусмотренный природой, по сравнению, например, с температурой. Действительно, комплексное воздействие температурного фактора и электромагнитного поля приводит к появлению целого ряда оптимумов и пессимумов в основном при температурах, наиболее подходящих для жизнедеятельности микроорганизмов [5, 6]. Зависимость выживаемости *S. cerevisiae* от частоты электромагнитной обработки, исследованная в настоящей работе, представлена на рис. 2.

Из сопоставления данных времени спин-спиновой релаксации дистиллированной воды, обработанной ЭМП НЧ, и выживаемости микроорганизмов (рис. 2) после воздействия на них ЭМП НЧ с различными частотами следует, что обе зависимости имеют резонансный характер. В точке, соответствующей 5 Гц, наблюдается резонансное увеличение времени спин-спиновой релаксации, тогда как для микроорганизмов эта точка является минимумом выживаемости. Точка 9 Гц является минимумом времени спин-спиновой релаксации магнитообработанной воды, в то же время выживаемость микроорганизмов при обработке их с такой частотой принимает максимумальное значение. Точка 16 Гц является максимумом для времени спин-спиновой релаксации и минимумом для выживаемости микроорганизмов.

Известно, что низкочастотное электромагнитное поле по своим параметрам (частота, напряженность) сравнимо с полем Земли, величина индуктивности магнитной составляющей которого 30–50 мкТл. Микропульсации геомагнитного поля составляют величину порядка долей процента либо нескольких процентов от этого значения в частотном диапазоне от 0 до 25 Гц [8]. Данный факт, правило минимума, а также экспериментально установленные особенности констелляции низкочастотного электромагнитного излучения и температуры [5,6], указывают на регулирующее воздействие исследуемого излучения на популяции микроорганизмов. Однако ведущую роль в данном процессе могут играть магнитные свойства непосредственно водной среды.

Литература

1. *Барышев М. Г., Васильев Н. С., Куликова Н. Н., Джимак С. С.* Влияние низкочастотного электромагнитного поля на биологические системы. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2008. 288 с.
2. *Барышев М. Г., Джимак С. С., Кадамша А. М.* Исследование влияния магнитообработанной воды на биологические объекты //

Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2008. № 2. С. 69–74.
3. *Сокольский Ю. М.* Омагниченная вода: правда и вымысел. Л.: Химия, 1990. 144 с.
4. *Классен В. И.* Омагничивание водных систем. М.: Химия, 1982. 296 с.
5. *Барышев М. Г., Наумов Г. Н., Дмитриев В. И., Васильев Н. С.* Воздействие низкочастотного электромагнитного поля на прокариотические и эукариотические микроорганизмы // Наука Кубани. 2008. № 4. С. 17–22.
6. *Барышев М. Г., Васильев Н. С., Дмитриев В. И.* Исследование воздействия низкочастотного электромагнитного поля на Escherichia coli // Наука Кубани. 2007. № 1. С. 20–23.
7. *Шилов И. А.* Экология. М.: Высшая школа, 2001. 512 с.
8. *Новиков В. В.* Электромагнитная биоинженерия // Биофизика. 1998. Т. 43. Вып. 4. С. 588–593.

Ключевые слова: время спин-спиновой релаксации воды, магнитообработанная вода, низкие частоты, выживаемость микроорганизмов

Статья поступила 5 марта 2010 г.
Кубанский государственный университет, г. Краснодар
© Барышев М. Г., Васильев Н. С., Джимак С. С., 2010