

# ВЛИЯНИЕ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА РОСТ ШТАММА *BIFIDOBACTERIUM BIFIDUM* ПРИ ГЛУБИННОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ

Д.Б.КУЗНЕЦОВ\*, И.Л.ВОЛЬХИН \*\*, И.В. ЛУНЕГОВ\*\*

\*ГБОУ ВПО Пермская государственная фармацевтическая академия Минздрава России. Ул. Полевая, 2. г. Пермь, 614990

\*\*ГБОУ ВПО Пермский государственный национальный исследовательский университет. Ул. Букирева, 15, г. Пермь, 614068

## Аннотация

Проведено исследование влияния СВЧ-излучения на штамм *Bifidobacterium bifidum* при глубинном культивировании. Выявлены стимулирующий и ингибирующий эффекты отклика культуры на электромагнитное излучение миллиметрового диапазона низкой интенсивности с длиной волны 8.14 мм. Обнаружено, что эффект зависит от времени экспозиции, при котором происходит стимуляция или угнетение роста штамма *B. Bifidum*.

## Введение

Ранние исследования показывали неоднозначность действия СВЧ-излучения миллиметрового диапазона на живые организмы [1-7]. Различные наблюдаемые эффекты воздействия СВЧ-излучения зависят от длины волны, мощности излучения, времени облучения, исходного состояния биологического объекта и среды в которой он находится. СВЧ-излучение миллиметрового диапазона поглощается молекулярными структурами живого организма, что приводит к изменению деформации электронных облаков молекул и изменению дипольного момента [4-6].

Экспериментальные данные, полученные в исследовании 2006-го года в лаборатории др. Полакка Вашингтонского университета [8] на моделях «вода-гидрофильная поверхность» показывают, что электромагнитное излучение оказывает селективное влияние на молекулы воды. Изменение дипольного момента молекул воды под воздействием электромагнитного излучения приводит к запуску процесса адсорбции на гидрофильной поверхности, который сопровождается образованием градиента концентрации протонов  $\Delta\mu_n^+$  между адсорбированными слоями и областью с объемной водой.

В настоящей работе интерпретация полученных данных осуществлена с использованием современной фазовой теории, что позволяет объяснить молекулярные трансформации под влиянием СВЧ-излучения

миллиметрового диапазона в живой материи.

## Материалы и методы

### Подготовка проб

Для проведения экспериментов были засеяны питательные казеино-дрожжевые (КД) среды промышленным штаммом *B. Bifidum*, путем регидротации и приготовления рабочего разведения лиофилизированного препарата с помощью воды очищенной имеющей рН  $7,0 \pm 0,2$  комнатной температуры. Питательная среда изготавливалась в промышленных условиях и имела следующий состав: гидролизат казеина -  $25 \pm 5$  л, дрожжевой аутолизат -  $50 \pm 5$  л, натрия хлорид -  $1,0 \pm 0,01$  кг, L-цистин (L-цистеин) -  $0,02 \pm 0,001$  кг, агар микробиологический -  $0,150 \pm 0,001$  кг, вода очищенная - до 200 л, 30 % раствор желатина - 10 л. Среда вливалась в емкость и смешивалась с регидротированной суспензией *B. Bifidum* в пропорции 1:10.

Подготовка к проведению измерений включала в себя 2-х кратное разведение водой очищенной комнатной температуры забора бактериальной суспензии на различных стадиях роста культуры *B. Bifidum*.

### Экспериментальная установка

Схема экспериментальной установки для облучения проб на длине волны  $\lambda = 8,14$  мм показана на рис.1. Источником СВЧ-излучения служил

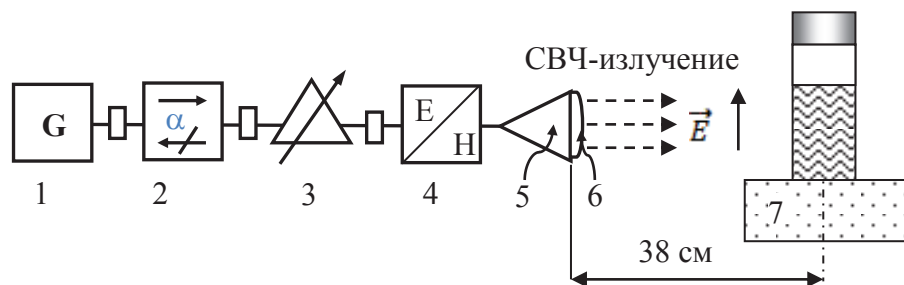


Рис.1. Схема установки для облучения проб на  $\lambda = 8,14$  мм

генератор Г4-156 на диоде Ганна 1, обеспечивающий генерацию плоскополяризованного излучения с  $\lambda = 8,14$  мм мощностью порядка 20 мВт в режиме непрерывной генерации. СВЧ-сигнал с генератора через развязывающий ферритовый вентиль 2, аттенюатор 3, согласующий Е-Н трансформатор 4 поступал на рупорную СВЧ-антенну 5 с раскрытием прямоугольной формы  $72 \times 34$  мм. Линза 6 формировала пучок СВЧ-излучения (волна  $H_{10}$ ). и направляла его на полимерную (полиэтиленовую) пробирку круглого сечения с пробой, установленную на пенопластовой подставке 7, прозрачной для СВЧ-излучения. Вектор напряженности электрического поля  $\vec{E}$  был ориентирован вертикально. Сечение СВЧ-пучка на уровне половинной мощности и пробирка с пробой представлены в левой части рис.1. Суммарные потери энергии: потери в антенно-волноводном тракте,

рассеяние за пределами сечения на уровне половинной мощности и отражение от поверхности полимерной пробирки составляли порядка 30% генерируемой мощности, таким образом поток мощности СВЧ-излучения, воздействовавший на исследуемую пробу составлял порядка 0,4 мВт/см<sup>2</sup>. Расстояние от раскрыва антенны до центра стеклянной кюветы составляло 38 см.

### Результаты работы и их обсуждение

При проведении измерений мутности бактериальной суспензии было выявлено, что культура по-разному откликается на внешнее воздействие низкоинтенсивным электромагнитным полем миллиметрового диапазона (рис.1). Измерения мутности бактериальной суспензии проводили каждые сутки на протяжении всего эксперимента. СВЧ-излучение с  $\lambda=8,14$  мм повышает или понижает рост биомассы в зависимости от времени экспозиции. 20-ти минутное облучение культуры приводит к стимуляции роста уже в первые сутки эксперимента. На 4-е сутки культивирования при 20-ти минутном облучении наблюдается стимуляция роста культуры относительно контрольной пробы до 122% (Табл.1). Увеличение времени облучения до 60-ти минут приводит к угнетению роста биомассы (штрихпунктирная линия на рис.1.) и снижения концентрации клеток на 4-ые сутки до 87% по отношению к контрольному образцу. Различие в скорости роста культуры наблюдалось только в линейной фазе роста.

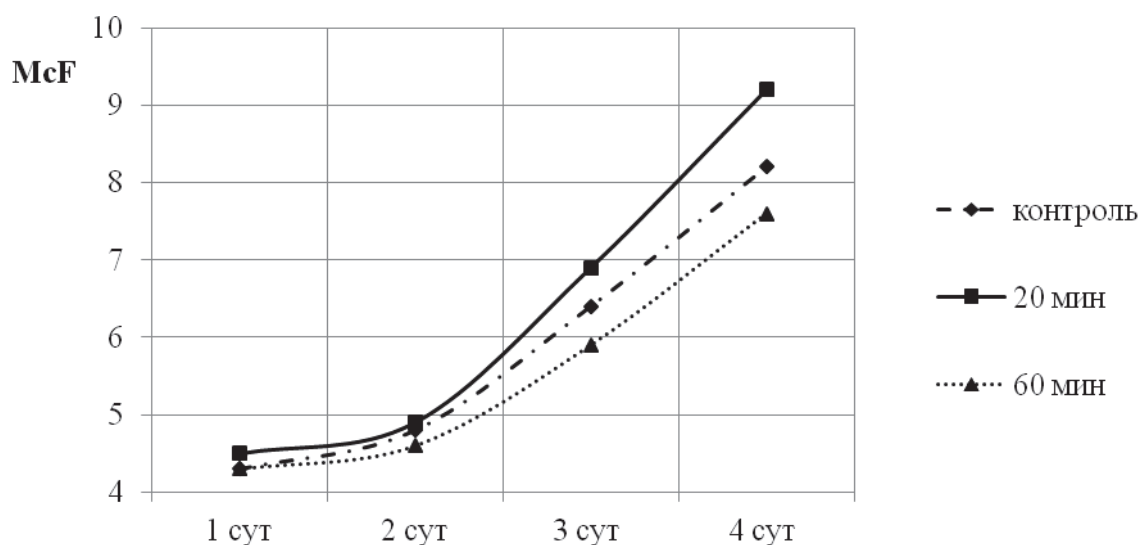


Рис.1. Мутность бактериальной суспензии *B. Bifidum*, McFarland

**Таблица 1. Зависимость уровня биомассы от времени экспозиции на  $\lambda=8,14$  мм**

время	контроль	20 мин	% к контролю	60 мин	% к контролю
1 сутки	$4,2 \cdot 10^8$	$5,4 \cdot 10^8$	129	$4,2 \cdot 10^8$	0
2 сутки	$7,2 \cdot 10^8$	$7,8 \cdot 10^8$	108	$6,0 \cdot 10^8$	83
3 сутки	$16,8 \cdot 10^8$	$19,8 \cdot 10^8$	118	$13,8 \cdot 10^8$	82
4 сутки	$27,6 \cdot 10^8$	$33,6 \cdot 10^8$	122	$24,0 \cdot 10^8$	87

### **Обсуждение воздействия СВЧ-излучения низкой интенсивности на рост культуры**

Согласно механизму воздействия СВЧ-излучения на живую материю, показанного в работе [6] первичным акцептором электромагнитного поля миллиметрового диапазона низкой интенсивности являются молекулы воды и надмолекулярные ассоциаты. Первичный акцептор, поглощая электромагнитное излучение, смещает свою электронную плотность в сторону с наибольшей концентрацией электронов, что приводит к изменению дипольного момента молекул. Повышение дипольного момента приводит к усилению диполь-дипольных взаимодействий, что сопровождается каскадными реакциями адсорбции диполей на гидрофильных поверхностях (белки, ДНК, РНК). Увеличение толщины адсорбированного слоя из диполей молекул воды приводит к вытеснению из слоя протонов, создавая градиент их концентрации  $\Delta\mu_{\text{H}^+}$ . Наибольшее количество молекул АТФ в живых организмах образуется протонными АТФ-синтазами ( $F_0F_1$ -АТР-синтаза). Вероятно, что поглощение квантов СВЧ-излучения ступенчато переводит систему в возбужденное состояние метастабильного уровня. В этом состоянии любая дополнительная порция энергии, например, квантов СВЧ-излучения, поглощенных при увеличении времени экспозиции, приводит к индуцированным квантовым переходом электронов с высокого уровня на основной, что сопровождается разрушением адсорбированных слоев воды и энергия системы снижается. Это явление и наблюдалось в эксперименте при увеличении времени экспозиции с 20 до 60 мин.

### **Заключение**

В исследовании показано, что при глубинном культивировании промышленного штамма *B. bifidum* на бедной нутриентами питательной среде КД, живая система чувствительна к миллиметровому излучению низкой интенсивности с длиной волны 8.14 мм. Эффект в виде ингибирования или стимуляции роста культуры зависит от времени экспозиции облучаемых проб.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Девятков Н.Д.* Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона длин волн на биологические объекты / Научн. сессия отд. общей физики и астрономии АН СССР 17-18 января 1973г.
2. *Базанова Э.Б., Брюхова А.К., Виленская Р.Л.* и др. Некоторые вопросы методики и результаты экспериментального исследования воздействия СВЧ на микроорганизмы и животных./ Научн. сессия отд. общей физики и астрономии АН СССР 17-18 января 1973.
3. Действие слабого миллиметрового излучения на ионные токи трабекулы предсердия лягушки./ *Хромов Р.Н., Кабринский Е.М., Филиппов А.К., Поротиков В.И.* //ДАН УССР. Б. 1989. №4. С.77-79.
4. *Кузнецов Д.Б.* Молекулярные механизмы воздействия инфракрасного излучения на микроорганизмы // *Фундаментальные исследования.* 2013. № 4 (часть 2). С. 414-418.
5. *Кузнецов Д.Б.* Перспективы применения электромагнитных излучений крайне высокой частоты малой мощности в фармации // *Фундаментальные исследования.* 2012. № 10 (часть 2). С. 400-404.
6. *Кузнецов Д.Б.* Физико-химические механизмы воздействия крайне-высокочастотного излучения на микроорганизмы // *Современные проблемы науки и образования.* 2013. № 1; URL: <http://www.science-education.ru/107-8226> (дата обращения: 28.01.2013).
7. Подавление потенциала действия нерва миллиметровыми волнами / *Бурачас Г.*// 7 Всес. семинар «Прим. КВЧ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине», Звенигород,13-15 ноября 1989. Тез. докл. М.,1989. С.92. Рус.
8. *Zheng JM, Chin WC, Khijniak E, Khijniak E Jr, Pollack GH.* Surfaces and interfacial water: evidence that hydrophilic surfaces have long-range impact. *Adv Colloid Interface Sci.* 2006;127(1):19-27.