

УДК 538.9:538.573:61:534.1:577.3:517.501:615

## **Собственные радиоизлучения микроорганизмов.**

### **Own radoradiations of microorganisms.**

Г.М. Шуб, В.И. Петросян, Н.И. Синицын, В.А. Елкин, Р.М. Аронс.  
G.M. Shub, V.I. Petrosyan, N.I. Sinitsyn, V.A. Yolkin., R.M. Arons

Саратовский филиал Института радиотехники и электроники РАН,  
ЗАО “Научно – производственный центр физики и новых методов медицины”,  
Филиал Кафедры вычислительной физики и автоматизации научных  
исследований Саратовского государственного университета,  
Саратовский государственный медицинский университет.

The Saratov branch of Institute of a radio engineering and electronics of RAS,  
KAS “ Scientifically - industrial center of physics and new methods of medicine ”,  
Branch of Faculty of computing physics and automation scientific  
Researches of the Saratov state university,  
The Saratov state medical university.

**Аннотация.** С использованием метода трансмиссионно - резонансной КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии впервые обнаружено дополнительное к радиотепловому фону радиоизлучение живыми микроорганизмами (кишечной палочкой и стафилококком). Предполагается, что природа этого излучения связана с резонансно-волновыми процессами КВЧ диапазона, происходящими в живых клетках.

**The summary.** With use of a method transparent - resonant UHF/MICROWAVE radio spectrum radoradiations the alive microorganisms (by a E. colli stick and Staphiloccocus) for the first time is revealed additional to a radiothermal background. It is supposed, that the nature of this radiation is connected to resonance-wave processes UHF of a range occurring in alive crates.

Результаты исследований, проведённых при облучении микроорганизмов низкоинтенсивными КВЧ радиоволнами в 70-80 г.г., позволили сформулировать теоретическую гипотезу, согласно которой бактериальные клетки, как и любые другие, в процессе жизнедеятельности генерируют электромагнитные волны в ММ диапазоне [1]. При облучении бактериальных клеток было обнаружено изменение их биоактивности. Это было увеличение синтеза колицина [2], продукция фага  $\lambda$ -лизогенной культуры кишечной палочки [3], лекарственная устойчивость, детерминированная плазмидой R-386 [4].

Однако во всех этих работах экспериментальных данных о наличии радиоизлучения микроорганизмов не приводилось.

Применение нами нового метода - трансмиссионно-резонансной КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии [5-7] представило возможность изучения таких излучений. Объектом исследований явились кишечная палочка (штамм М-17) и стафилококк (штамм 209-Р). Культуры выращивались на мясопептонном агаре при 37<sup>0</sup>С в течение 48 часов. Посев колоний осуществляли в виде “бляшек” диаметром 10 мм, толщиной 2-3 мм, толщина слоя агара 5 мм. Примерное число бактериальных клеток в бляшке составляло величину порядка 10<sup>10</sup>. Использовались также выращенные колонии микробов (бляшки), надёжно умерщвленные 40% формалином.

Опыты по исследованию радиоизлучения бактериальными клетками проводились по схеме рис.1.

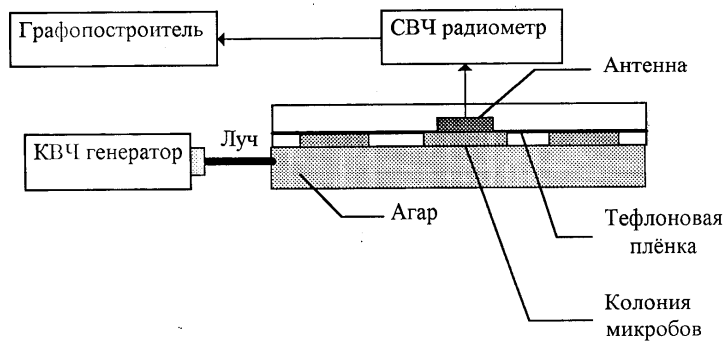


Рис.1. Схема эксперимента.

Поверхность блюшек и питательной среды покрывалась тонкой (50 мкм) тefлоновой плёнкой для предохранения их от повреждения и к ним поочерёдно прикасалась с помощью подвижного механического устройства антенна-аппликатор.

Сигнал собственного радиоизлучения или стимулированного КВЧ облучением от КВЧ генератора подавался на СВЧ радиометр и далее регистрировался графопостроителем. Уровень собственных и стимулированных излучений биосреды очень слабый, поэтому использовался СВЧ радиометрический приёмник с чувствительностью на уровне  $10^{-17}$  Вт. Плотность падающей мощности стимулирующего КВЧ излучения была не более  $0,1$  мкВт/см<sup>2</sup>, а его частота изменялась в пределах от 49-53 ГГц. Этот диапазон соответствует полосе резонансных частот молекулярных колебаний биосред. (Подробности о методе КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии смотри в [5-7] и статьях авторов в данном журнале.)

Результаты измерений собственных и стимулированных излучений проб представлены на рис.2, 3. Эксперименты начинались с измерения собственного радиотеплового фона питательной среды (агара), уровень которого принимался за 0 отсчёта - участок 1 на рис.2..



Рис.2. Собственные радиоизлучения колоний микроорганизмов: 1 - радиотепловой фон от питательной среды (агара), 2 - сигнал радиоизлучения живых клеток (кишечной палочки и стафилококка), 3 - радиоизлучение мёртвых клеток (кишечной палочки и стафилококка).

Обе культуры - кишечная палочка и стафилококк имеют практически одинаковые уровни сигналов собственного радиоизлучения, превышающие радиотепловой фон - рис.2 участок 2. Для доказательства того, что собственное радиоизлучение бактерий является продуктом их жизнедеятельности, измерялись излучения с погибших колоний бактерий. Они дали фоновый уровень излучения питательной среды - рис.2 участок 3. Следовательно, обнаруженное радиоизлучение принадлежит колониям живых бактерий.

Чтобы определить частоты, на которых бактерии способны генерировать радиоизлучение, снимались резонансные спектры кишечной палочки и стафилококка при сканировании по частоте стимулирующего КВЧ излучения. На рис.3 приведены полученные спектры, где за 100% принят максимум сигнала от стафилококков.



Рис.3. Резонансные спектры колоний микроорганизмов: 1- кишечной палочки, 2 - стафилококка.

Спектры показывают, что частоты собственных молекулярных колебаний биосреды микроорганизмов лежат в КВЧ диапазоне. Причём величина сигнала от кишечных палочек существенно превышает сигнал от стафилококков. По интерпретации резонансных спектров, приведённой в работах [5-7], амплитуда сигнала пропорциональна степени неупорядоченности излучающей системы. Следовательно, колония кишечной палочки более неупорядочена по сравнению с колонией стафилококков. Это находит подтверждение в известном факте способности стафилококков к образованию микро колоний, что соответствует большей упорядоченности колонии.

Таким образом, метод КВЧ/СВЧ спектроскопии оказывается чувствительным к тонким структурным перестройкам биологических систем. Уровень сигналов, стимулированных воздействием резонансных КВЧ волн на микроорганизмы с плотностью мощности  $0,1 \text{ мкВт/см}^2$ , даёт возможность в относительных единицах оценить интенсивность собственных радиоизлучений клеток - она находится на уровне 20% от максимального уровня КВЧ стимулированного излучения (рис.3).

Итак, с использованием метода трансмиссионно -резонансной КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии впервые обнаружено дополнительное к радиотепловому фону радиоизлучение живыми микроорганизмами (кишечной палочкой и стафилококком). Предполагается, что природа этого излучения связана с резонансно-волновыми процессами КВЧ диапазона, происходящими в живых клетках.

Полученные экспериментальные результаты открывают перспективы дальнейшего использования явления собственного излучения радиоволн живыми микроорганизмами для изучения связей их биоактивности с повреждающими и стимулирующими факторами, процессами взаимодействия между собой и с чужеродными клетками, для оперативного моделирования действия на микроорганизмы различных химических препаратов.

Обнаруженное явление и разработанные новые экспериментальные методы анализа состояния бактериальных культур перспективны для использования в теоретической и прикладной микробиологии.

Работа включена в Федеральную целевую программу "Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997 - 2000 годы" по проекту 696.3

#### Литература

1. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. - М.: Радио и связь. 1991.
2. Виленская Р.Л. К выяснению связи биологического эффекта и поглощения СВЧ мощности биологической средой в ММ диапазоне волн // Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ. 1971. № 8.
3. Смолянская А.З., Виленская Р.Л. Действие электромагнитного излучения ММ диапазона на функциональную активность некоторых генетических элементов бактериальных клеток // УФН. 1973. Т. 110. № 3.
4. Шуб Г.М., Лунёва И.О. Влияние СВЧ энергии ММ диапазона на фенотипическое проявление плазмиды R-386 и некоторые свойства кишечной палочки. Тезисы Всесоюзного симпозиума "Биологическое действие электромагнитных полей". Пушкино. 1982.
5. Петросян В.И., Гуляев Ю.В., Житенёва Э.А., Ёлкин В.А., Сеницын Н.И. Взаимодействие физических и биологических объектов с электромагнитным излучением КВЧ диапазона // Радиотехника и электроника. 1995. Т. 40. В.1.

6.Петросян В.И., Житенёва Э.А., Гуляев Ю.В., Девятков Н.Д., Ёлкин В.А., Сеницын Н.И. Физика взаимодействия ММ волн с объектами различной природы. // Радиотехника. 1996. № 9. Журнал в журнале Биомедицинская радиоэлектроника № 3.

7.Сеницын Н.И., Петросян В.И., Ёлкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В. Особая роль системы “ММ-волны - водная среда” в природе // Биомедицинская радиоэлектроника. 1998. № 1.