



ВОЗМОЖНОСТЬ БАКТЕРИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ СВЧ НА ШТАММЫ *MYCOBACTERIUM AVIUM* И *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS*

Б. Л. ИХЛОВ¹, А. А. ШУРЫГИН², В. А. ДРОБКОВА³

¹ФГУП «ОКБ "Маяк"», (ЕДО «Lighthouse»), г. Пермь, РФ

²ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е. А. Вагнера МЗ РФ», г. Пермь, РФ

³ГБУЗ ПК «Клинический фтизиопульмонологический медицинский центр», г. Пермь, РФ

Цель исследования: оценить возможность бактерицидного действия СВЧ на *Mycobacterium avium* 104 и *Mycobacterium tuberculosis* H37Rv.

Материалы и методы: использовали штаммы *M. avium* 104 и *M. tuberculosis* H37Rv, микроволновый генератор Agilent Technologies E82570 1, для определения устанавливаемых на генераторе частот излучения рассчитывали собственные частоты крутильных колебаний спиралей молекул ДНК микобактерий.

Результаты исследования: показано, что нетепловое СВЧ-поле способно ингибировать рост *M. avium* 104 и *M. tuberculosis* H37Rv.

Ключевые слова: микроволны, микобактерии, выживание, ингибирование

Для цитирования: Ихлов Б. Л., Шурыгин А. А., Дробкова В. А. Возможность бактерицидного действия СВЧ на штаммы *Mycobacterium avium* и *Mycobacterium tuberculosis* // Туберкулез и болезни лёгких. – 2019. – Т. 97, № 1. – С. 25-27. DOI: 10.21292/2075-1230-2019-97-1-25-27

POTENTIAL BACTERICIDAL ACTION OF UHF ON THE STRAINS OF *MYCOBACTERIUM AVIUM* AND *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS*

B. L. IKHLOV¹, A. A. SHURYGIN², V. A. DROBKOVA³

¹EDO Lighthouse, Perm, Russia

²Perm State Medical University named after E. A. Wagner, Perm, Russia

³Clinical Phthisiopulmonary Medical Center, Perm, Russia

The objective of the study: to assess the potential bactericidal action of UHF on *Mycobacterium avium* strain 104 and *Mycobacterium tuberculosis* strain H37Rv.

Subjects and methods: *M. avium* strain 104 and *M. tuberculosis* strain H37Rv and the microwave generator of Agilent Technologies E82570 1 were used; in order to define the radiation frequency to be set up at the generator, the frequencies of torsion oscillations of mycobacterial DNA helices were calculated.

Results of the study: it was demonstrated that the nonthermal UHF field was capable of inhibiting the growth of *M. avium* strain 104 and *M. tuberculosis* strain H37Rv.

Key words: microwaves, mycobacteria, survival, inhibition

For citations: Ikhlov B. L., Shurygin A. A., Drobkova V. A. Potential bactericidal action of UHF on the strains of *Mycobacterium avium* and *Mycobacterium tuberculosis*. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2019, Vol. 97, no. 1, P. 25-27. (In Russ.) DOI: 10.21292/2075-1230-2019-97-1-25-27

В работе Козьмина Г. В. и др. [5] показано, что сверхвысокочастотное электромагнитное поле вызывает существенное (до 50%) снижение выживаемости определенного штамма *E. coli*. Как известно [2], возбужденная молекула ДНК испускает микроволны. Доказано предположение, что молекула ДНК способна также поглощать микроволны, приходя в возбужденное состояние [3]. Сделано предположение, что поле, резонансное собственной частоте крутильных колебаний ДНК, воспрепятствует репликации ДНК и делению клетки, вследствие чего клетка погибнет. Произведен перерасчет данных зависимости снижения выживаемости *E. coli her' exg'* от времени экспозиции микроволнового поля на зависимость снижения выживаемости от частоты облучения [5]. Обнаружено, что кривая имеет выраженный резонансный характер, определена резонансная частота. С помощью лагранжева формализма определена соб-

ственная частота крутильных колебаний спирали любых ДНК:

$$f = 21,75 \cdot (BP)^{-1/2} \text{ ГГц}$$

(BP – число пар нуклеотидов).

Коэффициент 21,75 в формуле рассчитан подстановкой в формулу полученной резонансной частоты и числа пар нуклеотидов ДНК *E. coli her' exg'* и отражает интегральным образом жесткость спирали ДНК, ее конформацию, взаимодействие со средой и прочие факторы. С помощью формулы определена резонансная частота для ДНК другого штамма *E. coli*, ATCC 25922, ДНК которого содержит 5 130 767 пар нуклеотидов. В 15 экспериментах обнаружено, что именно на расчетной частоте, ни на какой другой, резонансное для ДНК *E. coli* ATCC 25922 микроволновое поле резко (до 20%) снижает выживаемость (по отношению к контролю).

Таким образом, доказано [3, 4], что следующие предположения справедливы: а) о резонансном по-

глощении микроволн молекулами ДНК, б) о препятствии этого поля репликации ДНК, в) о гибели бактерий из-за прерывания процесса репликации ДНК.

Микроволны не дают мутировать микроорганизмам, так как останавливают их деление. Микроволны нетеплового уровня сантиметрового диапазона свободно проникают сквозь тело человека, но резонансная частота затрагивает исключительно конкретную молекулу ДНК, не взаимодействуя ни с какими другими химическими соединениями [7], ни с какими-либо органеллами клетки. Интерес представляют сведения о способности микроволн подавлять микобактерии и их эффективности при этом.

Цель исследования: оценить возможность бактерицидного действия СВЧ на штаммы *Mycobacterium avium* 104 и *Mycobacterium tuberculosis* H37Rv.

Материалы и методы

Параметры воздействующего поля определяли по методике, изложенной в [3, 4]. Для *M. avium* установлены частота 9,3 ГГц и продолжительность облучения 6 ч. Для *M. tuberculosis* H37Rv установлены частота 10,36 ГГц и время облучения 114 ч. Для обоих штаммов достигалась плотность потока мощности излучения 2,5 мВт/см².

Облучение проводили *in vitro*. Источником микроволнового излучения служил генератор Agilent Technologies E82570 1, создающий гармонические поляризованные колебания (волна Н₁₀ мощностью 1 Вт), направление вектора электрического поля \vec{E} расположено в вертикальной плоскости.

Для обоих штаммов выделены опытные и контрольные образцы, которые изолировались от воздействия дневного света. При работе со штаммами учтена методика, изложенная в [6]. Культивирование проводили на яичной среде Финна II, 6 разведений.

Результаты исследования

В двух сериях экспериментов с *M. avium* 104 получено снижение выживаемости бактерий (по отношению к контрольным образцам, не подвергавшимся облучению) в зависимости от времени экспозиции поля (табл. 1).

В дополнительных двух сериях экспериментов получены следующие данные (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что экспозиция в течение 1 ч приводит к резкому росту числа колоний бактерий. Из табл. 2 и 3 следует, что через 3 ч микроволновое поле снижает число колоний до контрольного показателя, через 5 ч – до 5,0-12,5%, за 6 ч уничтожает *M. avium* полностью.

В двух сериях экспериментов для *M. tuberculosis* H37Rv получены сходные результаты.

Таким образом, через 114 ч облучения отмечалось полное ингибирование роста *M. tuberculosis* H37Rv (*Pasteur*) ATCC 25618.

Таблица 1. Выживаемость *M. avium* в зависимости от продолжительности облучения

Table 1. Survival of *M. avium* depending on the duration of radiation

Экспозиция, ч	2	3	4	5	6
Выживаемость*, %	121	103	28,3	5	0

Примечание: * – выживаемость - % колоний в опыте по отношению к контролю, не подвергавшемуся воздействию облучения

Таблица 2. Выживаемость *M. avium* в зависимости от продолжительности облучения (дополнительные серии)

Table 2. Survival of *M. avium* depending on the duration of radiation (additional series)

Экспозиция, ч	1	3	5
Выживаемость*, %	173,6	100,9	12,5

Примечание: здесь и в табл. 3 * – ввиду малого числа серий приведены лишь усредненные величины

Таблица 3. Выживаемость *M. tuberculosis* H37RV в зависимости от продолжительности облучения

Table 3. Survival of *M. tuberculosis* strain H37RV depending on the duration of radiation

Экспозиция, ч	19	72	114
Выживаемость*, %	172,7	125	0

Поскольку метод разведений неточен, а число серий невелико, из данных табл. 1, 2 и 3 можно судить лишь о качественном различии опыта и контроля. Малое число серий отчасти извиняет тот факт, что сходные результаты получены на четырех видах бактерий: *E. coli her' exg'*, *E. coli* ATCC 25922, *M. avium* 104 и *Mycobacterium tuberculosis* H37Rv.

Можно лишь утверждать, что нетепловое резонансное микроволновое поле резонансной частоты при достаточной экспозиции оказывает угнетающее воздействие на патогенные микроорганизмы.

Стимулирующее действие, повышение выживаемости различных бактерий за короткое время экспозиции и при малых мощностях поля отмечалось и ранее [1], так называемый электромагнитный гормезис. Эффект может быть вызван полями разного диапазона частот, в том числе микроволнами. Аналогичная картина возникает и в случае с микобактериями, как это видно из табл. 2 и 3.

Заключение

Результаты экспериментов доказали, что нетепловое СВЧ-поле способно ингибировать рост *M. avium* 104 и *M. tuberculosis* H37Rv, что позволяет предположить возможность использования нетеплового резонансного микроволнового поля в медицине.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.
Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипов С. С. Влияние ЭМИ СВЧ на регуляторные системы *Escherichia coli*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Пушкино, 2007. - 109 с.
2. Аншелевич В. В., Вологодский А. В., Лукашин А. В., Франк-Каменецкий М. Д., Определение амплитуды флуктуаций двойной спирали ДНК, 1979. Цит. по кн. М. Д. Франк-Каменецкий, «Самая главная молекула», М.: Наука, глав. ред. физ.-мат. лит., 1983, с. 140.
3. Ихлов Б. Л., Мельниченко А. В., Ощепков А. Ю. Резонансное поглощение сверхвысокочастотного электромагнитного поля молекулами ДНК // Современные проблемы науки и образования. - 2016. - № 6. <http://www.science-education.ru/article/view?id=25910>
4. Ихлов Б. Л., Ощепков А. Ю., Мельниченко А. В., Вольхин И. Л., Новикова В. В., Чиркова Л. А. О влиянии электромагнитного поля высокой частоты на *E. Coli* // Современные проблемы науки и образования. - 2016. - № 5. <http://science-education.ru/ru/article/view?id=25259> (электронный журнал).
5. Козьмин Г. В., Егорова В. И. Устойчивость биоценозов в условиях изменяющихся электромагнитных свойств биосферы // Биомед. технологии и радиоэлектроника. - 2006. - № 3. - С. 61-72.
6. Маслов Ю. Н., Одинцова О. В. Экономичный метод количественного учета микроорганизмов // Пермский медицинский журнал. - 1997. - № 1. - С. 99.
7. Ruggiero M. T., Sibik J., Orlando R., Zeitler J. A., Korter T. M. Measuring the elasticity of poly-l-proline helices with terahertz spectroscopy // *Angew. Chem. Int. Ed.* - 2016. - № 55. - P. 6877-6881.

REFERENCES

1. Antipov S.S. *Vliyaniye EMI SVCH na regulyatornyye sistemy Escherichia coli: Avtoref. dis. kand. biol. nauk.* [Effect of UHF electromagnetic radiation on the regulatory systems of *Escherichia coli*. Synopsis of Cand. Diss.]. Puschino, 2007, 109 p.
2. Anshelevich V.V., Vologodskiy A.V., Lukashin A.V., Frank-Kamenetskiy M.D. *Opredeleniye amplitudy fluktuatsiy dvoynoy spirali DNK, 1979.* [Defining the amplitude of fluctuations of DNA double helix, 1979]. Cited from M.D. Frank-Kamenetskiy. *Samaya glavnaya molekula.* [The main molecule]. Nauka, Glav. Red. Phiz.-Mat. Lit. Publ., 1983. pp. 140.
3. Ikhlov B.L., Melnichenko A.V., Oschepkov A.Yu. Resonance absorption of high frequency electromagnetic field by DNA molecules. *Sovremennyye Problemy Nauki i Obrazovaniya*, 2016, no. 6, Available at: <http://www.science-education.ru/article/view?id=25910> (In Russ.)
4. Ikhlov B.L., Oschepkov A.Yu., Melnichenko A.V., Volkhin I.L., Novikova V.V., Chirkova L.A. About the effect of high frequency electromagnetic field on *E. Coli*. *Sovremennyye Problemy Nauki i Obrazovaniya*, 2016, no. 5, Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=25259> (Epub). (In Russ.)
5. Kozmin G.V., Egorova V.I. Stability of biocoenoses under changing electromagnetic properties of biosphere. *Biomed. Tekhnologii i Radioelektronika*, 2006, no. 3, pp. 61-72. (In Russ.)
6. Maslov Yu.N., Odintsova O.V. The cost-effective way of quantitative accounting of microorganisms. *Permsky Meditsinsky Journal*, 1997, no. 1, pp. 99. (In Russ.)
7. Ruggiero M.T., Sibik J., Orlando R., Zeitler J.A., Korter T.M. Measuring the elasticity of poly-l-proline helices with terahertz spectroscopy. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2016, no. 55, pp. 6877-6881.

ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Ихлов Борис Лазаревич

ФГУП «ОКБ "Маяк"»,
 ведущий инженер-исследователь.
 614068, г. Пермь, ул. С. Даницина, д. 19.
 E-mail: boris.ichlov@gmail.com

Шурыгин Александр Анатольевич

ФГБОУ ВО «ПГМУ им. акад. Е. А. Вагнера МЗ РФ»,
 заведующий кафедрой фтизиопульмонологии.
 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 26.
 E-mail: alex-shurygin@mail.ru

Дробкова Вера Анатольевна

ГБУЗ ПК «КФМЦ»,
 заведующая бактериологической лабораторией.
 614990, г. Пермь, ш. Космонавтов, д. 160.
 E-mail: vdrobkova@rambler.ru

FOR CORRESPONDENCE:

Boris L. Ikhlov

EDO Lighthouse,
 Leading Engineer and Researcher.
 19, S. Danschina St., Perm, 614068
 Email: boris.ichlov@gmail.com

Aleksandr A. Shurygin

Perm State Medical University Named after E.A. Wagner,
 Head of Phthisiopulmonology Department.
 26, Petropavlovskaya st., Perm, 614990
 Email: alex-shurygin@mail.ru

Vera A. Drobkova

Clinical Phthisiopulmonology Medical Center,
 Head of Bacteriological Laboratory.
 160, Kosmonavtov Highway, Perm, 614990
 Email: vdrobkova@rambler.ru

Поступила 20.05.2018

Submitted as of 20.05.2018