

Биологические науки

УДК 57.04, 579.6, 57.083.1, 57.033, 504, 544.165
DOI 10.24411/2409-3203-2018-11730

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРО- И АНТИБИОТИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ МЕГАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА

Сибирцев Владимир Станиславович

к.х.н., доцент

Университета ИТМО

Россия, Санкт-Петербург

Маслова Александра Юрьевна

студент 4 курса

Университета ИТМО

Россия, Санкт-Петербург

Марченко Анна Александровна

магистрант 2 курса

Университета ИТМО

Россия, Санкт-Петербург

Радин Михаил Александрович

к.х.н., доцент

Санкт-Петербургского университета промышленных технологий и дизайна

Россия, Санкт-Петербург

Аннотация: Предложена методика микробиотестирования, заключающаяся в оценке изменения эффективности упругого светорассеяния, pH, редокс потенциала и низкочастотной электропроводности образцов, содержащих исходно определенное количество тестовых микроорганизмов, инкубируемых в течение заданного времени при заданной температуре в жидкой питательной среде заданного состава. Представлены результаты применения этой методики к анализу влияния на динамику роста и метаболической активности *Escherichia coli* и *Lactobacillus bulgaricus* слабых разночастотных электромагнитных полей. Показано, что 5 часовое воздействие однородным переменным электрическим полем, имеющим среднюю напряженность 50 В/м при частоте её изменения от 0,1 до 3 МГц, способно значимо ингибировать жизнедеятельность тестовых микроорганизмов. В то время как воздействие аналогичным электрическим полем с частотой 35 МГц достоверно интенсифицировало жизнедеятельность тестовых же микроорганизмов.

Ключевые слова: микробиотестирование, электромагнитное воздействие, потенциометрия, кондуктометрия, нефелометрия.

STUDY OF PRO- AND ANTIBIOTIC INFLUENCE WEAK ELECTROMAGNETIC FIELDS OF MEGAHERTZ RANGE

Sibirtsev Vladimir Stanislavovich

Ph.D., Associate Professor
at ITMO University

Russia, St. Petersburg
Maslova Alexandra Yurievna
4th year student
of ITMO University
Russia, St. Petersburg

Marchenko Anna Alexandrovna
2nd year undergraduate student
at ITMO University
Russia, St. Petersburg

Radin Mikhail Aleksandrovich
Ph.D., Associate Professor
at St. Petersburg University of Industrial Technologies and Design,
Russia, St. Petersburg

Abstract: A microbiotesting method is proposed, which consists in evaluating changes in the efficiency of elastic light scattering, pH, redox potential and low-frequency electrical conductivity of samples containing the initially specified amount of test microorganisms incubated for a given time at a given temperature in a liquid nutrient medium of a given composition. The results of applying this technique to the analysis of the influence of weak different-frequency electromagnetic fields on the dynamics of growth and metabolic activity of *Escherichia coli* and *Lactobacillus bulgaricus* are presented. It is shown that a 5-hour exposure to a uniform alternating electric field having an average intensity of 50 V/m with a frequency of its change from 0.1 to 3 MHz, can significantly inhibit the vital activity of test microorganisms. While the impact of a similar electric field with a frequency of 35 MHz reliably intensified the vital activity of test microorganisms.

Key words: microbiotesting, electromagnetic exposure, potentiometry, conductometry, nephelometry.

Слабые электромагнитные поля мегагерцового диапазона, возникающие, в частности, в результате работы большинства современных бытовых электротехнических устройств являются одним из распространенных факторов антропогенного загрязнения окружающей среды. Но, в отличие от сильных электромагнитных полей, существенно более разноплановое влияние на различные живые организмы их гораздо более распространенных слабых аналогов изучено к настоящему времени ещё весьма мало. В связи с этим, было решено исследовать влияние однородных электрических полей со средней напряженностью $U = 50 \text{ В/м}$ и частотой её изменения от 0,1 до 35 МГц на *Escherichia coli* ATCC 25922 и *Lactobacillus bulgaricus* 298. При этом упомянутые штаммы микроорганизмов были выбраны в качестве тестовых потому, что *Escherichia coli* ATCC 25922 является типичным представителем вида, который, в свою очередь, является общепринятым санитарно-показательным микроорганизмом. А *Lactobacillus bulgaricus* 298 является одним из типичных представителей молочнокислых бактерий, также широко распространенных в природе (активно участвуя при этом в естественном разложении различных природных и антропогенных веществ и материалов), а кроме того широко используемых, в частности, при производстве различной кисломолочной продукции, силоса и т.п.

Принятые в настоящее время в качестве стандартных при микробиотестировании процедуры оценки общей выживаемости микроорганизмов (закрывающиеся, в большинстве случаев, в визуальной оценке того, насколько ингибируется или активируется по сравнению с контрольной группой рост тестовых микроорганизмов после инкубации их в питательной среде в течение одних или нескольких суток в стерильных условиях при заданной температуре в присутствии тестируемых факторов) дают, как правило, лишь достаточно субъективную, неполную, и «статичную» информацию о

летальных нарушениях жизнедеятельности тестовых организмов. В связи с этим, было решено использовать для оценки влияния на тестовые микроорганизмы слабых переменных электрических полей оптические и электрохимические инструментальные технологии, уже отработывавшиеся нами ранее в различных вариантах на других тестируемых объектах [1–8].

Было проведено 3-и серии измерений. Для каждой из них предварительно готовились два вида тестовых систем (ТС), представлявших собой исходно стерильный водный раствор с pH 7,2, содержащий 5 г/л глюкозы, 22 г/л белкового гидролизата, 1,5 г/л NaCl и около 10^6 кл/мл жизнеспособных *E.coli* либо *L.bulg.* Затем 3-и выборки, включающие по 5 пробирок диаметром 20 мм с каждым из видов ТС, размещались вплотную между алюминиевыми пластинами, подключенными к выходу «0,1–1V» одного из 3-х генераторов «Г4-18А» (включенных за 30 минут до этого и установленных в режим непрерывной генерации с несущей частотой 35, 3 либо 0,1 МГц и выходным напряжением 1 В) и инкубировались совместно с ещё 5-ю контрольными пробирками с каждым из видов ТС (не подвергавшимися дополнительной обработке с помощью генератора «Г4-18А») в воздушном термостате «ТС-1/80 СПУ» при $37 \pm 0,1^\circ\text{C}$ в течение 5-и часов. При этом в каждой из упомянутых пробирок перед началом и после окончания её инкубации измерялись эффективность упругого светорассеяния в области длин волн 820–915 нм (Iod), pH, редокс потенциал (E) и низкочастотная, удельная, линейная электропроводность (X). Причем значения Iod регистрировались нефелометрическим способом с помощью анализатора «Флюорат-02-М» (в режиме фотофлуорометрии со светофильтрами М1 и М2 в каналах фотовозбуждения и эмиссии). Значения pH и E регистрировались с помощью иономера «Эксперт-001» с комбинированными электродами «ЭСК-10601/7» и «ЭРП-105». А значения X регистрировались с помощью кондуктометра «Эксперт-002» с погружным датчиком «УЭП-П-С», работающим на частоте 1,6 кГц.

Далее, все полученные значения усреднялись (сначала по 5-и параллельным образцам внутри каждой серии измерений, а затем между сериями), и для каждого из усредненных значений рассчитывался 95% доверительный интервал. После чего общая степень ингибирования жизнедеятельности тестовых микроорганизмов рассчитывалась по формуле

$$\varepsilon_S = (\varepsilon_{\text{Iod}} + \varepsilon_{\text{pH}} + 0,4 \varepsilon_E + 0,6 \varepsilon_X) / 3,$$

где $\varepsilon_Y = 100 \times (\Delta Y_t - \Delta Y_c) / \Delta Y_c$, а ΔY_t и ΔY_c – усредненные по 15-и параллельным образцам изменения значений Iod, pH, E или X, произошедшие за время инкубирования ТС в присутствии тестируемых электрических полей (ΔY_t) и в их отсутствие (ΔY_c).

Основные из полученных при этом результатов представлены в таблице 1. Исходя из чего можно сделать следующие выводы. Воздействие однородным переменным электрическим полем даже с такой относительно малой средней напряженностью, как 50 В/м, при частоте изменения оной (ν) от 0,1 до 3 МГц способно ингибировать жизнедеятельность микроорганизмов, которые находятся в таком поле, в тем большей степени, чем меньше ν рассматриваемого поля. В то же время, воздействие аналогичным электрическим полем с частотой 35 МГц, наоборот, значимо интенсифицировало жизнедеятельность микроорганизмов, которые в нём находились.

Таблица 1. Оценка ε_S (%) для разных микроорганизмов после воздействия на них в течение 5 ч электрическими полями со средней напряженностью 50 В/м и частотой её изменения (ν) от 0,1 до 35 МГц.

ν , МГц	0,1	3	35
<i>E.coli</i>	–25	–17	+12
<i>L.bulg.</i>	–30	–20	+15

Относительная ошибка определения ε_S для всех указанных в данной таблице значений находилась в диапазоне от 4 до 10 %.

Литература:

1. Сибирцев В.С., Гарабаджиу А.В., Иванов С.Д. Механизмы изменения флуоресцентных свойств бисбензимидазольных красителей // Биоорганическая химия. 1995. Т. 21. № 9. С. 731–736.
2. Ivanov S.D., Korytova L.I., Yamshanov V.A., Ilyn N.V., Sibirtsev V.S. Leukopenia prognosis by radiation therapy of patients with Hodgkin's disease // J. Exp. Clin. Cancer Res. 1997. V. 16. N 2. P. 183–188.
3. Sibirtsev V.S., Garabadzhiu A.V., Ivanov S.D. Spectral properties of bisbenzimidazole dyes upon interaction with DNA // Russian Journal of Bioorganic Chemistry. 1997. V. 23. N 12. P. 857–866.
4. Sibirtsev V.S., Glibin E.N., Ivanov S.D. Variation of spectral properties of actinocin derivatives due to equilibrium transformations. // Russian Journal of Organic Chemistry. -2000. -V.36, N.12. -P.1812–1818.
5. Sibirtsev V.S., Tolmachev A.Yu., Suslov V.V., Garabadzhiu A.V., Traven' V.F. Dependence of fluorescence properties of compounds from psoralen, angelicin, and carbazole series on the character of their terminal substituents // Russian Journal of Organic Chemistry. 2003. V. 39. N 6. P. 881–889.
6. Sibirtsev V.S. Study of applicability of the bifunctional system “Ethidium bromide + Hoechst-33258” for DNA analysis // Biochemistry (Moscow). 2005. V. 70. N 4. P. 449–457.
7. Sibirtsev V.S., Tolmachev A.Yu., Kovaleva M.V., Garabadzhiu A.V., Traven V.F. Spectral study of interactions of 4,8,4'-trimethylpsoralen and 4,4'-dimethylangelicin dyes with DNA. // Biochemistry (Moscow). -2005. -V.70, №7. -P.822–832.
8. Sibirtsev V.S. Analysis of benzo[a]pyrene deactivation mechanisms at rats // Biochemistry (Moscow). 2006. V. 71. N 1. P. 90–98.
9. Sibirtsev V.S. Fluorescent DNA probes: study of mechanisms of changes in spectral properties and features of practical application // Biochemistry (Moscow). 2007. V. 72. N 8. P. 887–900.
10. Сибирцев В.С., Красникова Л.В., Шлейкин А.Г., Строев С.А., Наумов И.А., Олехнович Р.О., Терещенко В.Ф., Шабанова Э.М., Мусса Аль-Хатиб. Новый метод биотестирования с применением современных импедансных технологий // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15. № 2. С. 275–284. doi:10.17586/2226-1494-2015-15-2-275-284
11. Сибирцев В.С., Кулаков А.Ю., Строев С.А. Кондуктометрическое биотестирование в применении к оценке про- и антибактериальных свойств католитов и анолитов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 3. С. 573–576. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-3-573-576
12. Sibirtsev V.S., Naumov I.A., Kuprina E.E., Olekhovich R.O. Use of impedance biotesting to assess the actions of pharmaceutical compounds on the growth of microorganisms // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2016. V. 50. N 7. P. 481–485.
13. Sibirtsev V.S. Investigation of mechanisms of change in spectral properties during interaction of benzazole, indole, and phenanthridium compounds with DNA. // Journal of Optical Technology. 2017. V. 84. № 5. P.294–301.
14. Сибирцев В.С., Игнатьева А.Ф., Шичкова К.А., Чан Тхань Туан, Строев С.А., Радин М.А. Исследование влияния высокочастотных электрических полей на жизнедеятельность микроорганизмов при различной температуре // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 2. С.279–286. doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-2-279-286
15. Sibirtsev V.S., Olekhovich R.O., Samuylova E.O. Assessment of integral toxicity of water resources by instrumental methods of analysis // SGEM Conference Proceedings. 2017. V. 17. N 61. P. 507–514.
16. Sibirtsev V.S. Biological test methods based on fluorometric genome analysis //

Journal of Optical Technology. 2017. V. 84. N 11. P. 787–791.

17. Сибирцев В.С., Волкова К.В., Хайдаров А.Х., Чан Тхань Туан, Строев С.А., Радин М.А. Исследование биodeградации, а также антимикробных свойств поливинилхлоридных пленок с добавками пектина и крахмала // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т. 18. № 1. С. 43–49. doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-1-43-49

18. Сибирцев В.С., Строев С.А. Оптико-электрохимическая микробиотестовая система оценки токсической безопасности нефтепродуктов. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 1. С. 74–81. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-1-74-81

