

УДК 621.3

О СВЯЗИ Z-КОМПОНЕНТЫ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ ВОДОСОДЕРЖАЩИХ СУСПЕНЗИЙ БАКТЕРИЙ

© 2019 г. Л.Н. Галль, Н.П. Лехтлаан, А.И. Цыганков

Институт аналитического приборостроения РАН,
190103, Санкт-Петербург, Рижский просп., 26

E-mail: lngall@yandex.ru

Поступила в редакцию 12.02.2019 г.

После доработки 17.03.2019 г.

Принята к публикации 29.08.2019 г.

Экспериментально изучено изменение направленности способности бактериальных культур к размножению в результате обработки суспензии бактерий *E. coli* и *S. aureus* или растворителя — воды — низкочастотным (4 Гц) низкоинтенсивным выпрямленным электромагнитным полем напряженностью ~5,1–6 Тл при различном направлении его вектора по отношению к Z-оси геомагнитного поля. Достоверно установлено, что при увеличении суммарной Z-компоненты поля, действующего на бактерии, рост колоний бактерий ускоряется, а при уменьшении — ингибируется.

Ключевые слова: бактериальный тест, Z-компонента геомагнитного поля, низкочастотное электромагнитное поле, водный раствор.

DOI: 10.1134/S0006302919060085

Многочисленные экспериментальные данные и наблюдения показывают существование сильного влияния изменений геомагнитного поля на состояние и биологическую активность живых организмов, особо проявляющегося во время магнитных бурь. В эти периоды главное геомагнитное поле Земли, составляющее в средних широтах приблизительно $5,10^{-5}$ Тл, может с высокой частотой изменяться на величину до 10%, вызывая значительные биологические эффекты, повсеместно фиксируемые как увеличение случаев ухудшения здоровья людей. В исследованиях, проведенных в работах [1,2], было найдено, что главным фактором, коррелирующим с ухудшением состояния здоровья населения, является уменьшение Z-компоненты геомагнитного поля, однако прямых исследований этого фактора не проводилось. Нами в исследованиях влияния магнитного поля на колониеобразующую способность водосодержащих суспензий бактерий *E. coli* и *S. aureus* было обнаружено влияние именно Z-компоненты магнитного поля, усиливающее или, наоборот, ингибирующее рост колоний бактерий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение влияния Z-компоненты геомагнитного поля на способность бактерий к размноже-

нию проводили на растворах бактерий *E. coli* или *S. aureus* в воде или в физиологическом растворе путем их обработки в низкоинтенсивном низкочастотном электромагнитном поле. Обработке подвергали воду, физиологический раствор или непосредственно суспензию бактерий в воде. Обработку проводили в специально разработанной для этого установке с катушкой соленоида, схема которой представлена на рис. 1.

Катушку соленоида высотой 200 мм с внутренним отверстием диаметром 20 мм подсоединяли к выходу генератора ГЗ-118, позволявшего подавать в установку переменное синусоидальное напряжение с частотой, регулируемой в пределах от 0,4 Гц до 200 кГц. В цепь питания соленоида был введен диод-выпрямитель с переключателем, благодаря чему на катушку можно было подавать либо положительный, либо отрицательный полупериод питающего тока. Частота выпрямленного сигнала составляла 4 Гц. Соленоид был установлен таким образом, что его ось совпадала с Z-осью геомагнитного поля (магнитное склонение, составляющее в Санкт-Петербурге 17°, не учитывали, поскольку Z-компонента геомагнитного поля в Санкт-Петербурге превышает R-компоненту более чем в 14 раз). При токе в

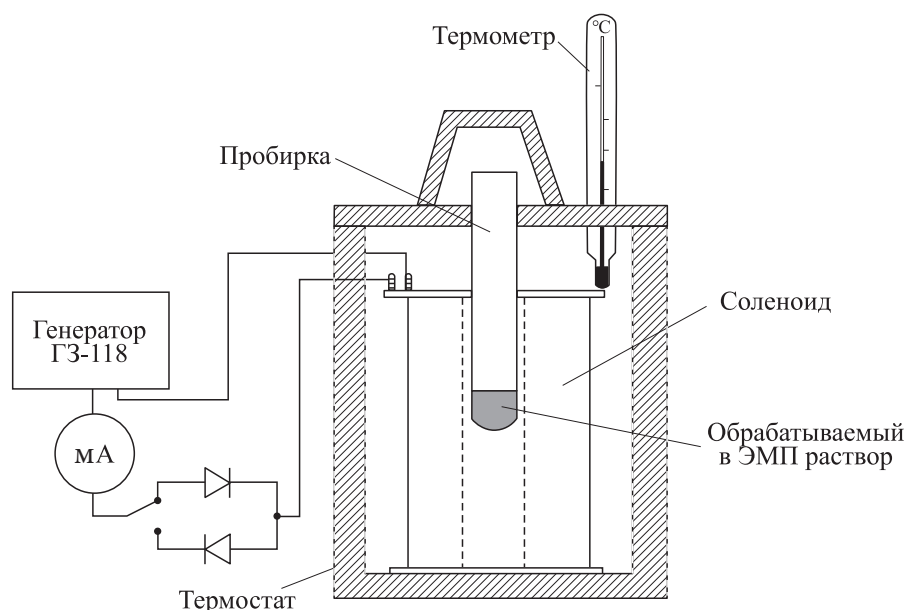


Рис. 1. Схематическое изображение экспериментальной установки для обработки растворов низкочастотным электромагнитным полем.

катушке 40 мА величина магнитного поля на оси соленоида, измеряемая датчиком, составляла $5,10^{-6}$ Тл. Пробирку с обрабатываемым образцом (10 мл) размещали на подставке в отверстии соленоида таким образом, чтобы образец находился в его средней части в области наиболее однородного магнитного поля.

«Отрицательным полупериодом» называли полупериод, при котором генерируемое соленоидом магнитное поле вычиталось в этой области из Z-компоненты геомагнитного поля, а «положительным» — добавлялось к ней. Всю систему размещали в термостате. Обработку проводили при комнатной температуре. Время обработки воды, водных растворов или суспензии бактерий составляло от 1 до 3 ч и фиксировалось таймером.

В качестве биотестов использовали культуры бактерий *E. coli* и *S. aureus*. При исследовании биологической активности воды выполняли процедуру обработки в магнитном поле дистиллированной воды, физиологического раствора или культуры бактерий *E. coli* и *S. aureus* с предварительным стандартным разведением в дистиллированной воде в 10^8 раз. Далее из пробирки, содержащей обработанную культуру, брали 0,02 мл культуры и вводили в 1,98 мл необработанной воды или физиологического раствора, перемешивали, получая 2 мл раствора с разведением в 10^{10} раз,

удобным для последующего визуального подсчета колоний [3].

Затем из полученного раствора проводили посев культуры по 0,1 мл в чашки Петри на плотную питательную среду последовательно через 5, 15, 30, 45, 60 и 180 мин при комнатной температуре. Для каждой точки проводили посев на десяти чашках Петри для обработанных сред и десяти чашках Петри — для необработанных (контроль). Все чашки инкубировали в термостате при 37°C в течение 24 ч. После этой процедуры с помощью счетчика колоний микроорганизмов СКМ-1 СПУ (Россия) проводили подсчет колоний бактерий в каждой чашке Петри.

Для воды или физиологического раствора, предварительно обработанных в магнитном поле соленоида при тех же условиях, проводили ту же процедуру разведения и далее посев полученного раствора по 0,1 мл в чашки Петри с теми же временными интервалами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 2 представлены результаты, полученные для типового опыта, в котором суспензии бактерий *E. coli* и *S. aureus*, обработанные в электромагнитном поле, вносили в необработанный физиологический раствор с получением разбавления 10^{-10} . Аналогичные эффекты развития колоний бактерий наблюдали и в тех случаях, когда

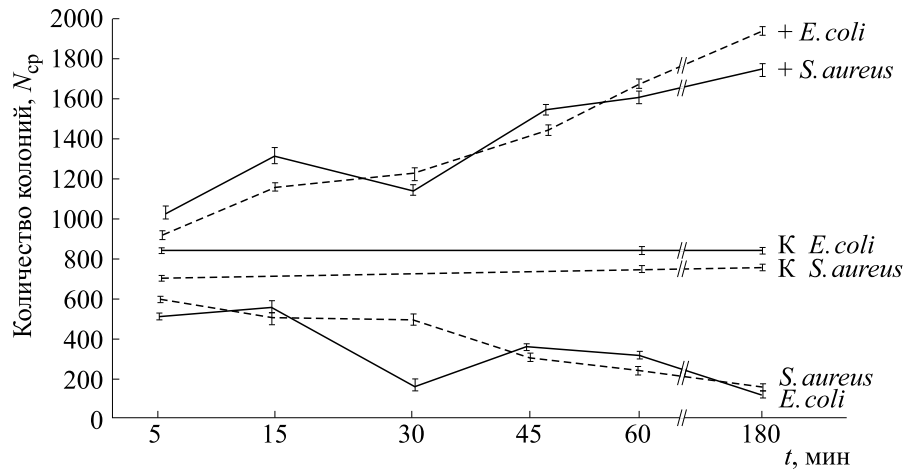


Рис. 2. Действие Z-составляющей геомагнитного поля на культуры бактерий *E. coli* и *S. aureus* при отрицательном и положительном полупериоде генератора. По оси ординат — средние значения числа колоний бактерий в культурах, полученные при обработке десяти чашек Петри для опыта и десяти чашек Петри — для контроля в фиксированное время. Показанная на рисунке ошибка — усреднение по десяти чашкам Петри. По оси абсцисс — время в минутах, отсчитанное от момента окончания обработки в магнитном поле. Верхние кривые соответствуют увеличению Z-компоненты геомагнитного поля на величину порядка 10%, нижние — ее уменьшению на ту же величину. Контроль — число колоний в тех же геомагнитных условиях, но без действия дополнительного поля.

необработанную суспензию бактерий при разбавлении вносили в воду или физиологический раствор, предварительно обработанные в поле солевого поля.

Из рис. 2 видно, что как для *E. coli*, так и для *S. aureus* действие магнитного поля на развитие бактерий приводит к достоверному отличию роста их колоний при изменении величины Z-компоненты суммарного геомагнитного поля: увеличение Z-компоненты суммарного поля на ~10% инициирует развитие колоний, а уменьшение на ту же величину ингибирует этот процесс. При этом в течение времени измерений эффекты как инициирования, так и ингибирования нарастают по мере увеличения временного промежутка от момента окончания обработки суспензии до засева бактерий. Такое поведение оказалось одинаковым для обоих биотестов, как *E. coli*, так и *S. aureus*. В контроле, при отсутствии действия дополнительного магнитного поля на суспензию бактерий, рост числа колоний не зависит от времени засева. Интересно отметить, что во всех измерениях с измененным геомагнитным полем отмечались колебания колониеобразующей способности бактерий, сходные с ранее наблюдавшимися в работе [3]. При этом в контроле достоверные колебания не наблюдались.

ВЫВОДЫ

Таким образом, экспериментально показано, что Z-компонента геомагнитного поля активно

влияет на биологические процессы развития живых организмов, причем ее уменьшение ведет к ингибированию процесса размножения колоний бактерий, использованных в качестве биотеста. Это действие проявляется в течение значительного времени после окончания действия поля и имеет колебательный характер. Результаты экспериментов вполне коррелируют с результатами, представленными в работах [1,2].

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая работа не содержит описания каких-либо исследований с использованием людей и животных в качестве объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. М. С. Лушнов, А. М. Лушнов, И. Н. Лиховицкая и др., Биосфера **2** (1), 26 (2010).
2. Е. Г. Головина и О. М. Ступишина, в сб. *Научные труды 8-го Конгресса ССПИМБ* (СПб, 2018), т. 8, с. 150.
3. Н. П. Лехтлаан, Е. Б. Шапошникова и В. Е. Холмогоров, Биофизика **49** (3), 519 (2004).

On the Relationship between Z-Component of Geomagnetic Field and Biologic Activity of Bacterial Aqueous Suspension

L.N. Gall, N.P. Lekhtlaan, and A.I. Tsygankov

*Institute for Analytical Instrumentation, Russian Academy of Sciences,
Rizhsky prosp. 26, St. Petersburg, 190103 Russia*

This study experimentally investigates the change in the ability of bacterial cultures to reproduce in bacterial suspension of *E. coli* and *S. aureus* or in a solvent, water, exposed to rectified electromagnetic field of low-frequency (4 Hz) and low-intensity with a strength of $\sim 5 \cdot 10^{-6}$ T with a different direction of its vector with respect to the Z-axis of the geomagnetic field. It is found that an increase in the total Z-component of the field influencing bacteria is associated with accelerated growth of bacterial colonies and a decrease in this magnitude was accompanied by inhibition of bacterial growth.

Keywords: bacterial test, Z-component of geomagnetic field, low-frequency electromagnetic field, aqueous solution