

ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛАДА РАСТЕНИЯ В ИЗМЕНЕНИЕ ФОНОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОЯВЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЕЛА

Е.П Тетерин, С.А.Анисимова, П.Е.Тетерин¹, В.К.Лукичева

Ковровская государственная технологическая академия им.В.А.Дегтярева,

¹Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

601910, Россия, Владимирская область, г.Ковров, ул.Маяковского 19,

E-mail: phys-tep@mail.ru

Изучение действия слабых электромагнитных полей на биологические системы – актуальная задача электромагнитной биологии [1]. Взаимодействие электромагнитного поля с веществом рассматривают преимущественно как результат воздействия электрической составляющей поля с зарядами в составе вещества, так как действие силы Лоренца со стороны магнитной составляющей поля на эти же заряды на два порядка меньше. Но в веществе живой природы протекание биохимических реакций зависит и от магнитных моментов реагентов, откликающихся на воздействие магнитной составляющей внешних слабых электромагнитных полей [2]. Поэтому при оценке влияния электромагнитного поля на вещество живой природы пренебречь действием магнитной составляющей поля очевидно нельзя, так как характер протекания биохимических реакций определяет его состояние.

В данной работе авторы рассматривают обратную задачу – исследование влияния биологической системы на электромагнитное поле. Решая систему уравнений Максвелла (1) в общем виде,

$$\begin{cases} \operatorname{rot} E = -\frac{\partial B}{\partial t}; & \operatorname{div} D = \rho; \\ \operatorname{rot} H = j + \frac{\partial D}{\partial t}; & \operatorname{div} B = 0; \\ D = \varepsilon \varepsilon_0 E; & B = \mu \mu_0 H; \quad j = \gamma E \end{cases} \quad (1)$$

$$\nabla^2 E = \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} + \mu \mu_0 \frac{\partial j}{\partial t} + \frac{1}{\varepsilon \varepsilon_0} \operatorname{grad}(\rho) \quad (2)$$

приходим к уравнению:

Решение уравнения (2) представим в виде суперпозиции двух полей

$$E = E_1 + E_2,$$

где E_1 - есть решение уравнения распространения электромагнитной волны в вакууме

$$\nabla^2 E_1 = \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 E_1}{\partial t^2}, \quad (3)$$

а функция E_2 описывается дифференциальным уравнением (4):

$$\nabla^2 E_2 = \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 E_2}{\partial t^2} + \mu \mu_0 \frac{\partial j}{\partial t} + \frac{1}{\varepsilon \varepsilon_0} \operatorname{grad}(\rho) \quad (4)$$

и характеризует электромагнитное поле вблизи вещества, в нашем случае растения, где j – плотность тока проводимости в растении, ρ – объемная плотность зарядов в растении.

Таким образом, как следует из уравнений Максвелла, электромагнитные поля вблизи растения являются суперпозицией фонового электромагнитного поля и собственного электромагнитного поля растения, создаваемого слабыми внутренними биотоками, свойства которых зависят от состояния вещества исследуемого растения и от природы физического воздействия. Анализируя эти изменения, можно определять не только изменения в состоянии растения, но и характеристики раздражителя, например, приближение какого-либо объекта к растению.

Авторы предлагают применить разработанный ими не травмирующий бесконтактный метод исследования поведения растения в фоновом электромагнитном поле для определения характеристик внешнего раздражителя, например, периода колебаний диэлектрического шарика, колеблющегося в разных условиях, в том числе в темноте и будучи отгороженным от растения экраном. Экспериментальная установка состояла из двух идентичных каналов, каждый из которых включал в себя датчик электромагнитного поля, широкополосный усилитель с полосой пропускания от 20 Гц до 200 МГц и аналого-цифровой преобразователь с цифровой памятью, имеющей выход для подключения к персональному компьютеру. Оцифровка поступающего сигнала осуществлялась с частотой 10^9 Гц. Исследуемое растение помещалось вблизи датчика электромагнитного поля первого канала.

Полагаем, что 1 и 2 каналы регистрируют сигналы: в первом канале $f_1(t) = E_1(t)_{\text{фона}} + V(t)_{\text{объекта}}$; во втором канале $f_2(t) = E_2(t)_{\text{фона}}$, где $E_1(t)_{\text{фона}}$ и $E_2(t)_{\text{фона}}$ - напряженности фонового электромагнитного поля в первом и втором каналах соответственно; $V(t)_{\text{объекта}}$ - возмущение электромагнитного поля, вносимое растением в первом канале. Предложенная авторами методика Фурье-обработки этих функций позволяет, сравнивая амплитуды и частоты Фурье в первом и втором каналах, выделить информацию об изменении состояния растения.

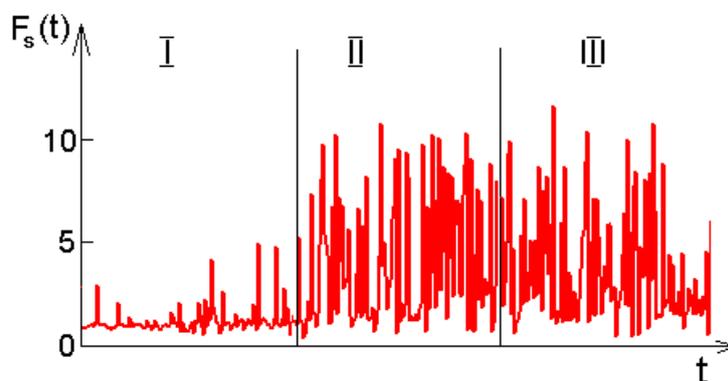


Рис.1 Временная динамика Фурье-амплитуды $F_s(t)$ напряженности фонового электромагнитного поля в первом канале с растением по сравнению со вторым пустым каналом. Область I – растение без шарика; область II – шарик покоится на расстоянии 38 см от растения; область III – шарик колеблется.

На рис.1 представлены экспериментальные результаты измерения временной динамики амплитуды Фурье $F_s(t)$ напряженности фонового электромагнитного поля вблизи цветка *Kalanchoe diagamontiana*. Хаотический характер колебаний электромагнитного фона находит свое отражение в зависимости $F_s(t)$, из которого видно, что предельные значения этих колебаний и среднее значение являются функцией в том числе и внешних условий, в которых находится растение. При проведении анализа за точку отсчета будем принимать состояние системы, когда в темное время суток при освещении лампами дневного света растение помещено в первый канал (рис.1, область I). Это состояние характеризуется средним превышением амплитуды напряженности фонового электромагнитного поля в первом канале с растением по сравнению с пустым вторым каналом в 0,9 раза. Появление диэлектрического (пластилинового) шарика диаметром 2 см на расстоянии 38 см от растения (рис.1, область II) можно считать для растения раздражающим фактором. В ответ на внешнее раздражение в растении возникают слабые биотоки, которые создают собственные электромагнитные поля. В результате суперпозиции внешнего электромагнитного поля и поля биотоков увеличивается предельная величина колебаний F_s (рис.1, область II) до 10,8 и обеспечивается среднее превышение амплитуды электромагнитного фона в первом канале по сравнению со вторым пустым в 2,9 раз. При возникновении линейных колебаний шарика вблизи цветка (рис.1, область III) визуально не наблюдается сколь-либо

значительных изменений функции F_s по сравнению со случаем покоящегося шарика (рис.1, область II). Таким образом, можно полагать, что изменения состояния растения приводят к изменению фонового электромагнитного поля вблизи растения.

Для проведения дополнительного Фурье – анализа функции F_s в областях II и III введем сравнительную функцию $\Phi(\omega)$:

$$\Phi(\omega) = \frac{\int F_{s2}(\omega, t) \cdot \exp(-\omega t) dt}{\int F_{s1}(\omega, t) \cdot \exp(-\omega t) dt}, \quad (5)$$

где F_{s1} и F_{s2} - Фурье-амплитуды напряженности электромагнитного фона первого и второго каналов для случая с покоящимся шариком вблизи растения и колеблющимся шариком соответственно. Частотная зависимость функции $\Phi(\omega)$ приведена на рис.2. При колебаниях шарика в Фурье-спектрограмме функции $\Phi(\omega)$ появляется новая частота ω_0 (рис.2), которая соответствует частоте колебаний шарика.

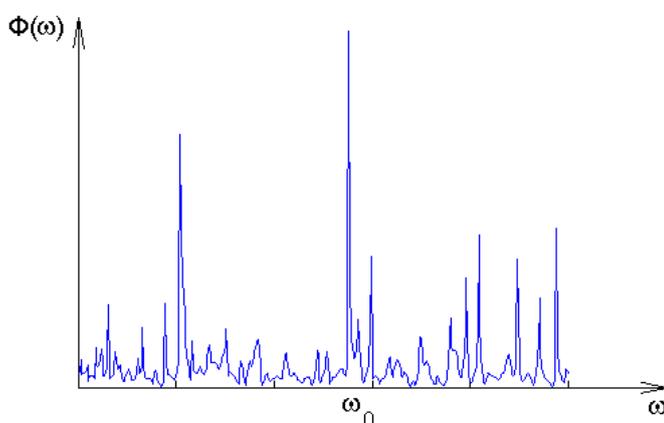


Рис.2 Сравнительный Фурье-анализ функций F_{s1} с покоящимся шариком вблизи растения и F_{s2} с колеблющимся шариком вблизи растения,

$$\Phi(\omega) = \frac{\int F_{s2}(\omega, t) \cdot \exp(-\omega t) dt}{\int F_{s1}(\omega, t) \cdot \exp(-\omega t) dt} - \text{сравнительная функция.}$$

В результате многократно проведенных экспериментов с разными растениями (*Kalanchoe diargremontiana*, *Kalanchoe tomentosa*, *Echinocereus pectinatus*), разными формами датчиков (одинарный провод, плоские широкие пластины, плоские узкие пластины), разными расстояниями (от 10 до 50 см) по реакции растения были определены периоды колебаний диэлектрического шарика. Анализ результатов измерений показывает, что все исследованные растения реагируют на появление и движение диэлектрического шарика. Так для маятника с реальным периодом колебаний $T_p = 1,00c$ было проведено 6 опытов с растением *Kalanchoe diargremontiana* и 1 опыт с растением *Kalanchoe tomentosa*. Для маятника с реальным периодом колебаний $T_p = 1,15c$ было проведено 2 опыта с растением *Kalanchoe diargremontiana* и 2 опыта с растением *Echinocereus pectinatus*. Для маятника с реальным периодом колебаний $T_p = 1,30c$ был проведен 1 опыт с растением *Kalanchoe diargremontiana* и 1 опыт с растением *Echinocereus pectinatus*. Длительность каждого опыта составляла 15 минут. Наблюдалась устойчивая реакция всех трех растений на колебания маятника, не смотря на то, что *Kalanchoe* и *Echinocereus pectinatus* принадлежат к разным семействам. Таким образом, можно предположить, что реакция растения на появление и движение диэлектрического шарика не связана с особенностями строения растений, а обусловлена некими общими механизмами для всех видов растений обусловленными движениями электрических

зарядов. Статистическая обработка результатов измерений для всех растений в совокупности показывает:

1) для шарика с реальным периодом $T_p = 1,00c$ период колебаний, рассчитанный по реакции растения, составил $T_s = 0,976 \pm 0,019c$ с относительной погрешностью $\varepsilon = 1,9\%$;

2) для шарика с реальным периодом $T_p = 1,15c$ период колебаний, рассчитанный по реакции растения, составил $T_s = 1,169 \pm 0,045c$ с относительной погрешностью $\varepsilon = 3,9\%$;

3) для шарика с реальным периодом $T_p = 1,30c$ период колебаний, рассчитанный по реакции растения, составил $T_s = 1,265 \pm 0,045c$ с относительной погрешностью $\varepsilon = 3,6\%$.

Для проверки влияния диэлектрического шарика на фоновое электромагнитное поле вблизи датчиков, были многократно проведены аналогичные эксперименты с покоящимся и колеблющимся шариком вблизи горшка с почвой, но без растения. Было установлено, что колеблющийся диэлектрический шарик влияет на фоновое электромагнитное поле вблизи датчиков, что выражается в изменении среднего значения трансформанты Фурье F_s , но в котором отсутствует информация о частоте колебания маятника. И дополнительный Фурье-анализ функций F_{s1} с покоящимся шариком и F_{s2} с колеблющимся шариком вблизи датчика не показывает наличие очевидного максимума функции $\Phi(\omega)$ на частоте колебаний шарика. Таким образом, можно считать, что колебания диэлектрического шарика влияют именно на растение, создавая в нем дополнительные биотоки, которые, в свою очередь, изменяют характеристики фонового электромагнитного поля вблизи растения так, что их уже можно зафиксировать экспериментально.

Можно предположить, что колебания шарика влияют не на биологический объект – растение, а на воду, содержащуюся в нем. С целью проверки этого предположения, вместо растения рядом с датчиком электромагнитного поля помещали мокрую салфетку. Результат определения периода колеблющегося шарика вблизи салфетки с водой – отрицательный.

Таким образом, можно сделать вывод, что именно растение реагирует на присутствие объекта, попадающего в его "поле зрения", и эта реакция непосредственно растения, а не воды в нем или почвы.

Существует возможность того, что колебания шарика могут изменять освещенность растения, и именно изменение освещенности влияет на поведение растения. Для проверки этого предположения эксперименты по определению периода колебаний шарика были проведены в полной темноте, при этом результаты оказались аналогичными, что и в освещенном помещении. В темном помещении растение также реагирует на колебания шарика, а период колебаний шарика определяется с погрешностью, не превосходящей 4% . При отсутствии растения период колебаний шарика на общем электромагнитном фоне не определяется.

Еще одной возможной причиной реакции растения на колебания шарика являются соответствующие колебания воздуха. Для проверки этого предположения были проведены эксперименты, когда между растением и шариком ставился лист картона большого размера. И в этом случае растение реагирует на колебания шарика, а период колебаний также определяется с погрешностью, не превосходящей 4% . Таким образом, можно сделать вывод, что именно появление или движение шарика, а не колебания воздуха, обусловленные движением шарика, вызывают реакцию растения и связанное с этим изменение характеристик электромагнитного фона вблизи него.

Представленные в данной работе результаты исследований позволяют сделать следующие заключения. Электромагнитные поля вблизи растения являются суперпозицией фонового электромагнитного поля и собственного электромагнитного поля растения. Изменения состояния растения приводят к изменению фонового электромагнитного поля вблизи растения. Анализируя эти изменения, можно определять не только изменения в состоянии растения, но и характеристики раздражителя, например, приближение какого-либо объекта к растению. В подтверждении сделанных авторами

выводов, определен с точностью до 4% период колебаний диэлектрического шарика по изменениям параметров фонового электромагнитного поля вблизи растения.

Авторы благодарят доцента Мартынова О.В. за участие в обсуждении результатов.

STUDY OF A PLANT IMPACT IN BACKGROUND ELECTROMAGNETIC FIELD AS RESULT OF THE PRESENCE OF A DIELECTRIC BODY NEARBY

E.P.Teterin, C.A.Anisimova, P.E.Teterin¹, V.K.Lukichova

Kovrov State Technological Academy by V.A.Degtyarev, E-mail: phys-tep@mail.ru

¹National Research Nucleus University "MEPhI"

Литература

1. В.Н.Бинги, Магнитобиология: эксперименты и модели (Милта, М.,2002) <http://biophys.ru/archive/books/binhi-biomag.pdf>
2. Дроздов А.В, Нагорская Т.П., Масюкевич С.В., Горшков Э.С.// Биофизика, 2010, т.55, №4, с.740-749. <http://www.biophys.ru/archive/lednev2010/drozdov.pdf>