

УДК 632.935.4:621.396.652

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Никифорова Л.Е., д.т.н.,  
Богатырев Ю.О., инж.\*

*Таврический государственный агротехнологический университет*  
Тел. (097) 3780882

**Аннотация** - Получена математическая модель, позволяющая определить внутреннее электромагнитное поле семян с учетом деформации зерновки. Определены значения частоты электромагнитного поля для различных сельскохозяйственных культур, приводящего к их активации и увеличению всхожести.

**Ключевые слова** – биологический объект, электромагнитное поле, клетка.

*Постановка проблемы.* Современная наука позволяет ответить на многие вопросы о строении и свойствах различных объектов Вселенной. Несмотря на это, существует большой класс явлений, точное объяснение которых в рамках современных представлений естествознания пока является затруднительным. Так, несмотря на практические успехи электротехнологий, не в полной мере остаётся раскрыт электрофизический механизм воздействия на биологические организмы различных параметров их жизнеобеспечения, в том числе и электромагнитных полей в широком диапазоне амплитуд и частот их изменения. Отсутствует аргументированное объяснение, почему при малых дозах воздействия происходит стимуляция жизнедеятельности биологических объектов, а при значительных – их угнетение и гибель, иногда без разрушения мембран клеток [1].

*Анализ последних исследований.* Исследования последних лет показали, что в состоянии покоя клетка может быть стимулирована путем увеличения интенсивности её питания за счет изменения любого из параметров её жизнеобеспечения, в том числе любого из ионов элементов питания (увеличения снаружи и уменьшения внутри клетки). Стимуляция может быть осуществлена и внешним электромагнитным полем [1,2]. В состоянии возбуждения биологическая клетка (участок мем-

---

© д.т.н. Никифорова Л.Е., инж. Богатырев Ю.О.

\* Научный руководитель – д.т.н., доц. Никифорова Л.Е.

браны клетки) переходит, как правило, за счёт увеличения входных токов, вызванных возбуждением соседних клеток (участков мембраны), при этом происходит скачкообразное изменение проводимостей ионных каналов мембраны, вначале натриевых, а затем калиевых. За счёт электроэнергии мембран потенциал клетки мгновенно меняет полярность и в импульсе принимает положительное значение – генерируется потенциал действия, который передается от одного участка мембраны к другому. В состоянии возбуждения большинство клеток живых организмов испытывают стресс. Нервные клетки животных переходят в режим передачи информации, мышечные – выполнения работы. При продолжительном нахождении в состоянии возбуждения стресс вызывает большие энергетические затраты, вплоть до гибели клеток.

Многие физиологические процессы, получение и преобразование информации связаны с изменением собственных электромагнитных и акустических полей биологических объектов. Электромагнитные поля биологических объектов изменяются от низких до сверхвысоких частот, а также в области инфракрасного, видимого и ультрафиолетового диапазонов. Поэтому для жизнедеятельности сельскохозяйственных растений и животных значимость собственных электрических полей и токов трудно переоценить. Достаточно сказать, что при помощи воздействия внешних электромагнитных полей можно осуществлять управление жизнедеятельностью биологических объектов как растительного, так и животного происхождения. Повышение продуктивности объектов сельскохозяйственного назначения может осуществляться:

- при действии постоянного электрического поля за счет изменения величины электрической напряженности;
- на низких частотах за счёт изменения амплитуды, частоты и начальной фазы амплитуды электрической напряженности;
- на повышенных частотах – за счёт изменения амплитуды;
- на высоких и сверхвысоких частотах - за счет резонансных явлений, вызываемых совпадением частот диапазона (от  $10^6$  до  $10^{10}$  Гц) с частотами колебаний полярных белковых молекул мембран клеток, вращением и перемещением их фосфолипидных молекул;
- в оптическом диапазоне - за счёт резонансных явлений, вызываемых совпадением частот диапазона с частотами вращения ионов в ионных каналах при их перемещении через мембрану по ионным каналам.

Очевидно, что исследование этого процесса возможно только лишь в том случае, когда известно, как распределяются воздействующие электромагнитные поля внутри биологического объекта.

*Формулирование целей статьи.* Следовательно, для получения необходимых результатов должна быть построена математическая мо-

дель, позволяющая находить амплитуды внутренних электромагнитных полей в указанных структурах.

*Основная часть.* Нами получена математическая модель, позволяющая находить распределение электромагнитного поля внутри биологического объекта (на примере семян сельскохозяйственных растений) [2].

Семена были представлены в приближенном виде как сфера, которая заполнена эндоспермом с зерновкой внутри. Сфера окружена тонкой кожурой. Если рассматривать данную систему как низкодобротный резонатор, то очевидно, что она имеет спектр резонансных частот. Определение распределения электромагнитного поля внутри зерновки сводилось к решению задачи о рассеянии падающей электромагнитной волны на многослойной структуре, которая имеет форму вложенных сфер. Для получения необходимых результатов принималось, что центр семени совпадает с центром прямоугольной декартовой системы координат, а плоская волна распространяется нормально к поверхности семян, ее электрический вектор направлен по касательной к поверхности. Кроме того, для упрощения, было принято, что центр зерновки совпадает с центром семени. Каждый из слоев является однородным, т.е. имеет постоянную диэлектрическую проницаемость. Диэлектрическую проницаемость среды и кожуры обозначено как  $\epsilon_0$ , проницаемость эндосперма -  $\epsilon_1$ , а зерновки -  $\epsilon_2$ .

Для решения задачи падающее поле раскладывалось по двум векторными сферическими волновыми функциями  $\tilde{M}$  и  $\tilde{N}$ . Было получено выражение для определения внутреннего электромагнитного поля семян:

$$\begin{cases} \vec{E} = E_0 \sum_{n=1}^{\infty} i^n \frac{2n+1}{n(n+1)} (a_n \tilde{M}_{no} - i b_n \tilde{N}_{ne}); \\ \vec{H} = -\frac{k}{\omega \mu_0} E_0 \sum_{n=1}^{\infty} i^n \frac{2n+1}{n(n+1)} (b_n \tilde{M}_{ne} + i a_n \tilde{N}_{no}), \end{cases} \quad (1)$$

где  $a_n$  и  $b_n$  – коэффициенты прохождения электрической и магнитной составляющей падающего электромагнитного поля внутрь зерновки;

$n$  – номер гармоники падающего поля;

$E_0$  – амплитуда электрической составляющей падающего поля;

$i = \sqrt{-1}$ ;

$\omega = 2\pi f$  – круговая частота падающей волны;

$k$  – волновое число в окружающей среде зерновки;

$\mu_0$  – магнитная проницаемость среды.

*Выводы.* На основании данной математической модели, с учетом деформации зерновки, получены значения частоты электромагнитно-

го поля для різних сільськогосподарських культур, приводящої їх активзації і збільшенню схожості.

Оптимальне значення частоти електромагнітного поля різно для різних сільськогосподарських культур. Даний частотний діапазон лежить в області СВЧ і КВЧ випромінювань.

#### *Литература*

1. Микроволнові технології в народному господарстві. Введення. Проблеми. Перспективи // Сб. науч. ст. (науч. ред. акад. МАИ Каменец Л.Г. ; Міжнародна акад. інформ. Український науково-технологічний центр. – К. : ТЕС, 2002. – Вип. 4. – 220 с.

2. Никифорова Л.Є. Моделювання взаємодії електромагнітного випромінювання НВЧ діапазону з насінням тепличних культур / Л.Є. Никифорова // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України : Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. – Харків, 2009. – Вип. 86. – С. 127 – 130.

3. Никифорова Л.Є. Дослідження впливу низькоенергетичного електромагнітного випромінювання на насіння тепличних культур / Л.Є. Никифорова // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь : Люкс, 2008. – Вип. 8, Т. 4. – С. 117 – 125.

## **МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ З БІОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ**

Л.Є. Никифорова, Ю.О. Богатырев

**Анотація** - Отримана математична модель, яка дозволяє визначити внутрішнє електромагнітне поле насіння з урахуванням деформації зернівки. Визначені значення частоти електромагнітного поля для різних сільськогосподарських культур, які приводять до їх активзації і збільшення схожості.

## **DESIGN OF COOPERATION THE EXTERNAL ELECTROMAGNETIC FIELD WITH BIOLOGICAL OBJECTS**

L. Nikiforova, Y. Bogatyrev

#### *Summary*

**Mathematical model, allowing to define internal electromagnetic the fields of seed taking into account deformation of zernovki is got.**

**The values of frequency electromagnetic field for different agricultural cultures, resulting in their activating and increase of germination are certain.**