

УДК 537.874.7

И.А. Черепнев

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
им. П. Василенко, Харьков*

## **КОНЦЕПЦИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ**

*В статье рассматривается процесс эволюции живой природы и влияние внешних импульсных электромагнитных полей на клетку живого организма.*

*импульсные электромагнитные поля, клетка живого организма*

Метаболические процессы, происходящие в биологических объектах, подчиняются закону сохранения энергии по первому закону термодинамики. Однако из рассмотрения этого закона выпадает фактор времени, характеризующий метаболические процессы.

Однако, используя принципы информационной теории (принцип Даламбера), доказаны фундаментальные свойства живых систем, т.е. биологических объектов, формировать на воздействие импульсных электромагнитных полей (ЭМП) собственные ответные сигналы о свойствах живого организма в реальном масштабе времени. В связи с тем, что биологическая система является открытой и неравновесной, постоянно происходит обмен энергией из окружающей среды.

Рассматривая живой организм с позиции Шредингера [1] и учитывая второй закон термодинамики, который вводит величину, называемую энтропией, установлено, что энтропия вещества, выделяемая биологическим объектом, выше энтропии потребляемых им веществ. Следовательно, отток энтропии в окружающую среду приводит к формированию неравновесной системы живого организма. Поэтому в открытых системах энергетическое состояние характеризуется трансформацией энергии в единицу времени.

Изменение энтропии в открытых системах может происходить только в результате обмена системы с внешней средой либо за счет возникновения энтропии в самой системе за счет внутренних необратимых процессов

$$dS = d_c S + d_i S,$$

т.е. энтропия открытой системы складывается с энтропией  $d_c S$  внешней среды и энтропии  $d_i S$  внутренних необратимых изменений в организме (в частности, различных заболеваний или различных химических процессов).

Продифференцировав полученное выражение, получим, что  $d_c S/dt$  равно скорости энергии энтропии между системой и окружающей средой плюс скорость возникновения энергии внутри системы.

Итак, член  $d_c S/dt$  учитывает процессы обмена со средой, который может быть положительным  $d_c S/dt > 0$  и отрицательным  $d_c S/dt < 0$ , т.е. общая энтропия может как возрастать, так и убывать.

В реальных условиях развитие биологических объектов сопровождается уменьшением общей величины их энтропии, т.е.

$$d_c S/dt < 0; \quad d_c S/dt > d_i S/dt,$$

где  $d_i S/dt$  учитывает процесс обмена системы со средой. Она может быть как положительной, так и отрицательной, если  $d_i S/dt > 0$ , т.е. систематически происходит обмен информацией внешней среды с биологическим объектом. Известно, что живая природа использует информацию естественных электромагнитных полей (ЭМП) для деятельности организма. Беспрерывно происходит обмен этой информацией, следовательно, изменение энтропии.

Наиболее интересным является развитие новых современных моделей жизнедеятельности организмов, моделей их самореализации, эволюции с учетом взаимодействия физических процессов, происходящих в разных масштабах пространственных и энергетических в реальном интервале времени [2].

Следует отметить, что процессы, происходящие в клетках животного и растения в значительной мере тождественны. Данное обстоятельство позволяет в ряде случаев расширить сферу экспериментов и частично перенести их на растительные объекты [3].

В настоящее время существует несколько основных утверждений, объясняющих физический механизм воздействия ЭМП на биологические объекты, в частности биологические эффекты имеют пороговый характер, например, по мощности он составляет порядка от 5 до 10 мВт/см<sup>2</sup> [5].

При достаточно большом объеме практических данных не решена до конца задача разработки физико-математических моделей воздействия МП на живые организмы.

Из анализа данных, проведенных автором, из 14 моделей наиболее приемлемой является модель Хиндмарша-Розе.

В простейшем виде эту упрощенную модель можно записать в виде:

$$\frac{d\varphi(t)}{dt} = y(t) + a\varphi(t)^2 - b\varphi(t)^3 - z(t) + I; \quad (1)$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = c - d\varphi(t)^2 - y(t); \quad (2)$$

$$\frac{dz(t)}{dt} = r(s(\varphi(t) - \varphi_0) - z(t)). \quad (3)$$

В этой системе  $\varphi(t)$  – мембранный потенциал,  $y(t)$  – величина, характеризующая восстановление концентраций быстрых ионов (обычно,  $Na^+$  и  $K^+$ ), а  $z(t)$  – медленная переменная, определяемая концентрацией ионов  $Ca^{++}$ . Параметры  $a, b, c, I, \varphi_0, s, r$  выбираются из условия наибольшего согласования с экспериментальными зависимостями  $\varphi(t)$  потенциала клеточной мембраны от времени. При значениях параметров  $a = 3, b = 5, c = 4,1, I = 3,281, \varphi_0 = -1,6, s = 4, r = 0,0021$  эта система генерирует такие же хаотические колебания, как и живой нейрон.

На рис. 1 показано колебание потенциала мембраны, имеющее хаотический характер, а на рис. 2 более регулярные колебания, возникшие от взаимодействия между клетками.

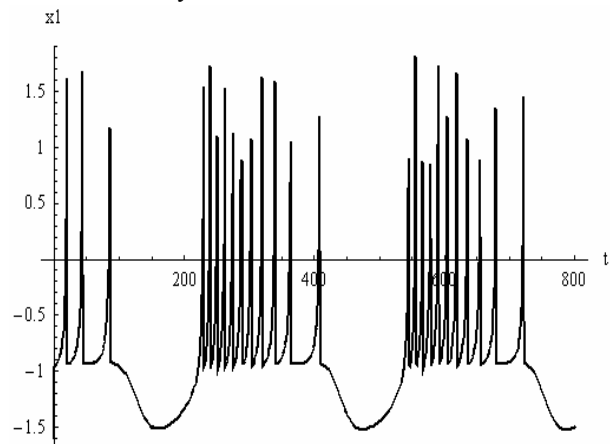


Рис. 1. Реализация потенциала клетки при параметрах указанных в тексте

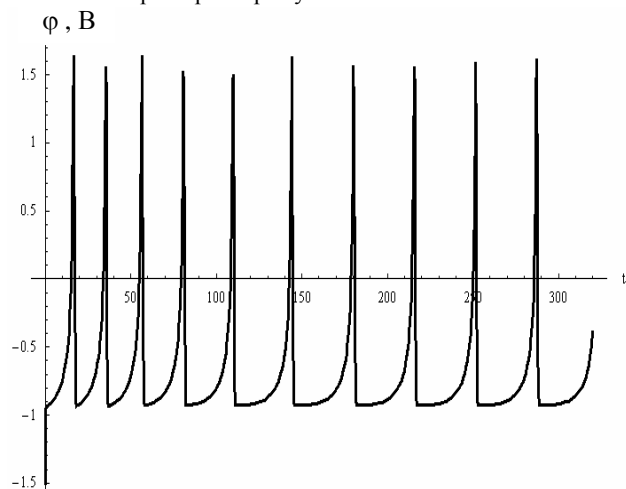


Рис. 2. Регулярные колебания потенциала мембраны клетки при воздействии на нее изменяющейся разности потенциалов

### **Выводы**

1. Из анализа литературных источников установлено, что современной моделью динамики мембранного потенциала, более полно отражающей тонкие элементы электромагнитного воздействия, является модель Хиндмарша и Розе.

2. Биологические эффекты имеют пороговый характер по КВЧ мощности, пороговая плотность потока мощности изменится в пределах от 5 мкВт/см<sup>2</sup> до 10 мкВт/см<sup>2</sup>.

3. Из анализа модели следует, что колебания мембранного потенциала могут иметь самый разный характер как в зависимости от параметров клетки, так и от приложенного к мембране потенциала.

### **Список литературы**

1. Рубин А.Б. *Биофизика. Раздел II // Высшая школа.* – 1999. – С. 117-144.
2. Бецкий О.В., Кислов В.В. *Волны и клетки.* – М.: Знание, 1990. – 64 с.
3. Чиркова Э.Н. *Волновая природа регуляции генной активности живых клеток как вычислительная машина // Русская мысль.* – 1992. – С. 29-41.

*Поступила в редколлегию 25.09.2007*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.Д. Черенков, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.