

КИНК ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО АКСОНА

Магистрантка гр. 51335022 Климович Т. А.

Д-р физ.-мат. наук, профессор Князев М. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Искусственный аксон представляет собой динамическую синтетическую структуру, функционирующую подобно нейрону, которая формируется из двойного фосфолипидного слоя, содержащего ионопроводящий канал, и использует ионный градиент через мембрану в качестве источников энергии. Предназначены искусственные аксоны для поддержки потенциала действия. В отличие от реально существующих аксонов, в которых имеются, по крайней мере, два ионопроводящих канала и два противоположно направленных ионных градиента, в искусственном аксоне имеется один канал и один градиент [1].

Простейшая модель, описывающая динамику искусственного аксона, имеет вид [2]:

$$V_t - V_{xx} - 4a[(1 - \alpha)V + \alpha V^2 - V^3] = 0, \quad (1)$$

где $V = V(x, t)$ – электрическое напряжение внутри аксона, параметр $\alpha \leq 1$ определяется как отношение напряжения на контактах к потенциалу Нернста, a – параметр, определяющий потенциальную энергию взаимодействия. Для решения данного уравнения был использован прямой метод Хироты решения нелинейных уравнений в частных производных [3]. В ходе построения решения возникла необходимость в некоторой модификации указанного метода, которая была реализована в соответствии с подходом, развитым в [4].

В общем случае решения уравнения (1) записывается в виде:

$$V(x, t) = \frac{\sigma k}{2} \left[1 + \tanh \left(\frac{kx - \omega t + \eta^0}{2} \right) \right], \quad (2)$$

где $\sigma, k, \omega, \eta^0$ – параметры решения. Без потери общности параметр η^0 может быть принят равным нулю. Остальные параметры определяются следующим образом:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2a}}, \omega = -k^2 - 4a(1 - \alpha), k^2 - 2\alpha\sigma k - 2a(1 - \alpha) = 0.$$

Были получены частные решения уравнения (1) при $\alpha = 0$ и $\alpha = 1$. В первом случае $\omega = -k^2 - 4a, k^2 = 2a$. Для второго частного случая $\omega = -k^2, k = 2a\sigma$. Видно, что при $\alpha = 1$ в системе не могут возникать связанные состояния кинков, поскольку параметр k определен однозначно. Фактически формирование связанных состояний определяется потенциальной энергией взаимодействия аксона с окружающей средой. Наличие такой энергии взаимодействия приводит к возможности существования разных значений параметра k и, как следствие, формированию связанных состояний.

Литература

1. Ariyaratne, A. Toward a minimal artificial axon / A. Ariyaratne, G. Zocchi // J. Phys. Chem. B. – 2016. – Vol. 120, no. 26. – P. 6255–6263.
2. Chaikin, P. Principles of condensed matter physics / P. Chaikin, T. Lubenski. – Cambridge University Press, 1995. – 728 p.
3. Абловиц, М. Солитоны и метод обратной задачи / М. Абловиц, Х. Сигур. – Москва: Мир, 1987. – 479 с.
4. Князев, М. А. Кинки в скалярной модели с затуханием / М. А. Князев. – Минск, Тэхналогія, 2003. – 115 с.