

### 0.1. Юношева Е.В. О существовании цикла в модели циркадного осциллятора

Система регуляции суточного ритма позволяет организмам оптимально адаптироваться к циклическим изменениям в среде обитания. Основой функционирования этого механизма служат молекулярно-генетические осцилляторы, присутствующие практически в каждой клетке живых организмов [1]. Несмотря на различия в существующих моделях молекулярного осциллятора, почти в каждой из них можно выделить ядро циркадного осциллятора.

Мы рассматриваем модель автономного клеточного циркадного осциллятора, ядро которого описано в [2]. В настоящей работе построена семимерная система нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений кинематического типа.

$$\begin{aligned}\frac{dp}{dt} &= k_1(\Gamma_1(u) \cdot \gamma_1(w) - p); & \frac{du}{dt} &= k_2(\Gamma_2(x) \cdot L_2(p) - u); \\ \frac{dw}{dt} &= k_3(\Gamma_3(x) \cdot L_3(p) - w); & \frac{dz}{dt} &= k_4(\Gamma_4(x) \cdot L_4(p) - z); \\ \frac{dy}{dt} &= k_5(\Gamma_5(x) \cdot L_5(p) - y); & \frac{dx}{dt} &= k_6(\Gamma_6(b) - x); \\ & & \frac{db}{dt} &= k_7(\gamma_7(y) \cdot L_7(z) - b).\end{aligned}$$

Искомые функции  $p(t)$ ,  $u(t)$ ,  $\dots$ ,  $b(t)$  в этой системе описывают (неотрицательные) концентрации компонент геной сети. Монотонно возрастающие функции  $\Gamma_j$ ,  $\gamma_1, \gamma_7$  описывают положительные связи, а монотонно убывающие функции  $L_j$  соответствуют отрицательным связям.

В фазовом портрете системы описана инвариантная область и показано существование стационарной точки данной динамической системы. Используя предположение о пропорциональности некоторых обратных связей в циркадном осцилляторе, получены условия единственности стационарной точки и выведены условия неустойчивости этой точки. Из результатов работы [3] вытекает существование в фазовом портрете системы двумерной инвариантной поверхности, содержащей цикл.

*Научный руководитель — д.ф.-м.н. Голубятников В. П.*

#### Список литературы

- [1] ALBRECHT U. Timing to perfection: the biology of central and peripheral circadian clocks // *Neuron*. 2012. Vol. 74. N. 2. P. 246–260.
- [2] ПОДКОЛОДНАЯ О. А., ТВЕРДОКНЛЕВ Н. Н., ПОДКОЛОДНЫЙ Н. Л. Computational modeling of the cell autonomous mammalian circadian oscillator // *BMC Systems Biology*. 2017. Vol. 11. P. 27–42.
- [3] КИРИЛЛОВА Н. Е. Об инвариантных поверхностях в моделях геной сетей // *Сиб. журнал индустриальной математики*. 2020. Т. 23. № 4. С. 69–76.