

## Эволюционная адаптация репликаторных систем

*А.С. Братусь 1, С.В. Дрожджин 2, А.С. Якушкина 3*

1- Российский университет транспорта; 2- МГУ, ВМК; 3- Высшая школа экономики

Модели репликаторных систем были предложены в работах М. Эйгена и П. Шустера [1] для описания процессов динамики и эволюции сообщества сложных макромолекул. С математической точки зрения, эти системы представляют специальный класс систем нелинейных дифференциальных уравнений достаточно большой размерности. Особый интерес представляет система гиперцикла, в которой воспроизводство каждой макромолекулы происходит с помощью предыдущей в замкнутом цикле. Эта система обладает замечательными математическими свойствами, которые соответствуют основным постулатам триады Ч. Дарвина: наследственность, изменчивость, естественный отбор. Все это дало основание рассматривать эту систему в качестве основной математической модели, так называемой, предбиологической эволюции, которая могла привести к появлению сложных самовоспроизводящихся макромолекул, подобных макромолекулам РНК. Однако, успеху этой теории помешало одно существенное обстоятельство: система гиперцикла неустойчива по отношению к воздействию паразитических макромолекул, которые пользуются ресурсами системы ничего не отдавая взамен. В докладе рассматривается математическая модель эволюции системы гиперцикла, в результате которой эволюционный гиперцикл становится устойчивым к воздействию паразитов. Модель основана на утверждении фундаментальной теоремы о естественном отборе Р. Фишера [2] о том, что любая биологическая система в процессе эволюции стремится к увеличению величины средней приспособленности (фитнеса). Основная гипотеза предлагаемого подхода заключается в том, что время эволюционного изменения системы во много раз более медленное, чем время активного изменения динамики системы до выхода системы в стационарное положение равновесия. Приводятся примеры эволюции гиперциклов, а также других репликаторных систем, полученные в результате многочисленных численных экспериментов [3,4]. Аналогичный подход используется и в случае модифицированной системы квазивидов М.Эйгена и системы Кроу-Кимуры, в которых исследуется эволюционная адаптация системы в ответ на увеличение смертности видов с близкими фенотипами.

[1] Eigen, M., Schuster, P. (1977). A principle of natural self-organization. *Naturwissenschaften*, 64(11), 541-565.

[2] Birch, J. (2016). Natural selection and the maximization of fitness. *Biological Reviews*, 91(3): 712-727.

[3] Bratus A., Drozhzhin S., Yakushkina T. (2018) *Mathematical Biosciences*, <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2018.09.001>

[4] Bratus A., Semenov Yu., Novozhilov A. (2018) Adaptive fitness landscape for replicator systems: to maximize or not maximize. *Mathematical modelling of natural phenomena*, <https://doi.org/10.1051/mmnp/2018040>