**Экстремальные принципы в математических моделях эволюции репликаторных систем**

**Александр Сергеевич Братусь**д.ф.-м.н., проф., (Российский университет транспорта, Московский центр прикладной и фундаментальной математики),**С. В. Дрожжин**(Московский государственный университет, факультет Вычислительной математики и кибернетики),**И. Самохин**Московский государственный университет, факультет Вычислительной математики и кибернетики),**Т. С. Якушкина**(Высшая школа экономики)

*Аннотация*

Адаптация к изменению внешних условий является основой эволюционного процесса. В докладе рассматриваются математические модели эволюционной адаптации систем [1-3], которые описывают количественные и качественные характеристики сообщества множества биологических организмов (репликаторные системы). Динамика этих систем определяется решениями систем нелинейных ОДУ достаточно большой размерности. Основная гипотеза предлагаемой модели заключается в предположении о том, что время эволюционной адаптации ландшафта приспособленности (набора параметров, определяющих динамику системы) во много раз более медленное, чем время активной динамики системы (быстрое время активной динамики, медленное время адаптации). Экстремальный подход к процессу эволюционной адаптации основывается на утверждении фундаментальной теоремы о естественном отборе Р. Фишера о том, что любая биологическая система в процессе эволюции стремится к увеличению величины средней приспособленности (фитнеса) системы [4]. Приводятся примеры эволюционной адаптации конкретных систем [5,6]. Показано, что в результате предложенной модели эволюционной адаптации, системы становятся устойчивыми (резистентными) по отношению к паразитическим макромолекулам и микроорганизмам от воздействия которых они погибали до момента эволюционного изменения. Отдельно рассмотрены задачи эволюционной адаптации ландшафта приспособленности при изменении показателей смертности видов [7-10]. Показано, что при целенаправленным уничтожении, так называемого главного вида, в процессе терапии преимущество в эволюционном развитии получает другие виды. Эти результаты позволяют прогнозировать реакцию систем на изменение показателей смертности и имеют практическое приложение в проблеме терапии злокачественных клеток и болезнетворных бактерий.

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

[2] Полуэктов Р. А. Динамическая теория биологических популяций. М. Наука, 1974.

[3] Свирежев Ю.Н., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. М. Наука, 1978.

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

[4] Bratus A., Drozhzhin S., Yakushkina T. On the evolution of hypercycle. (2018) Mathematical Biosciences, <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2018.09.001>

[5] 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](https://doi.org./10.1051/mmnp/2018040)

[6] Bratus A.S., A.S. Novozhilov and Yuri S. Semenov. (2014) Linear algebra of the permutation invariant Crow-Kimura model of prebiotic evolution. Mathematical Biosciences, 2014, 256, 42-57.

[7] Bratus A.S., Artem S. Novozhilov and. Yuri S. Semenov. Rigorous Mathematical Analysis in Quasispecies Model: From Manfred Eigen to the Recent Development. In book Advance Mathematical Methods in Bioscience and Application, 2019, Springer, pp. 27-51. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15715-9>

[8] Ivan Yegorov, Artem S. Novozhilov and Alexander S. Bratus. Open quasispecies models: optimization, and distributed extension. Journal of Mathematics and Application. <https://doi.org/10/1016/j.jmaa.219.123477>

[9] Drozhzhin, S, Yakushkina T., Bratus, A.S. Fitness Optimization and Evolution of Permanent Replicator Systems. https://arxiv.org/abs/1911.02893

Принятакпубликациив Journal of Mathematical Biology

[10] Igor Samokhin, Tatiana Yakushkina, Alexander S. Bratus Open Quasispecies Systems: New Approach to Evolutionary Adaptation. <http://arxiv.org/abs/2011.11742.> Принята к публикации в Chinese Journal of Physics.