

ДИНАМИКА И ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В МОДЕЛЯХ ЭВОЛЮЦИИ С ГЕНОМ–МУТАТОРОМ

Якушкина Т. С., Саакян Д. Б.^{1,2}, Ху Ч. К.¹

Национальный исследовательский университет “Высшая школа экономики”, Россия,
Москва, 101000, ул. Мясницкая, 20,
Тел.: +7 (495) 772-95-90,
E-mail: tyakushkina@hse.ru

¹Institute of Physics, Academia Sinica, Nankang, Taipei 11529, Taiwan

²A.I. Alikhanyan National Science Laboratory (Yerevan Physics Institute) Foundation,
Alikhanian Brothers St. 2, Yerevan 375036, Armenia

В работе предлагаются модификации эволюционных моделей Эйгена и Кроу–Кимуры для описания эффекта гена-мутатора, то есть гена, биохимическая активность которого может повышать интенсивность мутации других генов. Исследование этого феномена играет важную роль в понимании эволюции рака и РНК-вирусов [1]. Формализуем эволюционный процесс, следуя классической постановке модели Кроу–Кимуры [2]. Будем рассматривать геном, состоящий из $(N + 1)$ гена. Аллели каждого гена кодируются одним из двух значений $s_\tau = \pm 1, \tau = 0, \dots, N$. Тогда геном с $s_0 = 1$ соответствует дикому фенотипу, а при $s_0 = -1$ — мутантному фенотипу с увеличенной в 10–100 раз скоростью мутагенеза. Рассматривается система

$$\frac{dP_l(t)}{dt} = P_l(Nf(x) - N(\mu_1 + \alpha_1)) + \mu_1(P_{l-1}(N - l + 1) + P_{l+1}(l + 1)) + \alpha_2 Q_l N,$$

$$\frac{dQ_l(t)}{dt} = Q_l(Ng(x) - N(\mu_2 + \alpha_2)) + \mu_2(Q_{l-1}(N - l + 1) + Q_{l+1}(l + 1)) + \alpha_1 P_l N,$$

где P_l и Q_l — вероятности обнаружения последовательности в классе Хэмминга l для дикого и мутантного типов соответственно, интенсивности мутаций равны $\alpha_i, i = 1, 2$ для гена-мутатора и $\mu_i, i = 1, 2$ для остальных генов, функции $f(x)$ и $g(x)$ ($x = 1 - 2l/N$) — функции приспособленности. Для описанных систем применяется метод уравнений Гамильтона–Якоби [3].

В настоящей работе получены аналитические выражения для динамики максимума распределения в популяции, вычислены значения для средней приспособленности в популяции. Для гладких ландшафтов приспособленности найдены возможные фазовые состояния системы. Проведено численное моделирование системы для линейных, квадратичных и случайных ландшафтов приспособленности.

Литература.

1. Fox E. J., Loeb L. A. Lethal mutagenesis: targeting the mutator phenotype in cancer. — Seminars in Cancer Biology, 2010, **20**, 353.
2. Crow J. F. and Kimura M. An Introduction to Population Genetics Theory. — Harper Row, New York, 1970.
3. Saakian D. B. A new method for the solution of models of biological evolution: Derivation of exact steady-state distributions. — J. Stat. Phys. 2007, **128**, 781.