

УДК 517.928

ИССЛЕДОВАНИЕ БИФУРКАЦИЙ В МОДЕЛИ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ОТКЛИКОМ ХОЛЛИНГА IV ТИПА

© Дубкова К.А., Щепаккина Е.А.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: kristina.dubkova.2015@mail.ru

В данной работе рассмотрена модель «хищник – жертва» с переменной пропускной способностью и функциональным откликом Холлинга IV типа. Эта модель более реалистична в моделировании динамики численности популяций в условиях, которые претерпевают изменения.

Динамика хищника и жертвы является важным инструментом в математической экологии, особенно для нашего понимания взаимодействующих популяций в природной среде. Эти отношения будут оставаться одной из доминирующих тем в математической экологии из-за их универсальности и важности. Хотя большой прогресс был сделан в теории динамики популяций за последние десятилетия, многие давние математические и экологические проблемы остаются открытыми, такие как моделирование переходной динамики, изменчивость окружающей среды и др. [2–4]. Все популяции подвержены изменениям в окружающей среде; поэтому существует необходимость рассматривать пропускную способность как систему переменных (то есть как функцию времени) для моделирования динамики численности популяций в среде, претерпевающей изменения [2].

Модель «хищник – жертва» с переменной пропускной способностью с функциональным откликом Холлинга IV типа является моделью воспроизводства популяции жертв и трофической функции хищников. В данной модели учитывается защитное поведение жертв, у которых шансы избежать атаки хищника увеличиваются при образовании плотных скоплений.

Исходная математическая модель представляет собой систему, состоящую из трех обыкновенных дифференциальных уравнений с параметрами:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dN(t)}{dt} = rN(t) \left(1 - \frac{N(t)}{k(t)} \right) - \frac{aP(t)N(t)}{1 + ahN^2(t)}, \\ \frac{dk(t)}{dt} = \alpha(k(t) - k_1) \left(1 - \frac{k(t) - k_1}{k_2} \right), \end{array} \right.$$

Здесь N и P обозначают плотность населения жертвы и хищника, соответственно; r представляет собой темп роста жертвы на душу населения; c – смертность хищника; b – прирост хищника; a представляет собой приращение жертвы; h – время, затрачиваемое хищником на потребление (удержание, удушение, поглощение) и переваривание одной жертвы; k – это пропускная способность, которая увеличивается между начальным значением $k_0 < k_1$ и конечным значением $k_1 + k_2$ с ростом скорости α .

В работе качественными и численными методами исследована динамика решений системы в зависимости от значений ее параметров, определены условия, при которых в системе наблюдаются бифуркации.

Библиографический список

1. Green J.L., Hastings A., Arzberger P. [et al.]. Complexity in ecology and conservation: mathematical, statistical, and computational challenges // *BioScience*. 2005. Vol. 55. P. 501–510.

2. Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. Динамические системы и модели биологии. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 400 с.
3. Al-Moqbali M.K.A., Al-Salti N.S., Imojtaba I.M. Prey-Predator models with variable carrying capacity // MDPI: Mathematics. 2018. Vol. 6.
4. Тютюнов Ю.В., Титова Л.И. От Лотки-Вольтерра к Ардити-Гинзбургу: 90 лет эволюции трофических функций // Журнал общей биологии. 2018. № 6. С. 428–448.