

**ПЕРЕХОД ОТ РЕЛАКСАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ
К ПСЕВДОПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТРАЕКТОРИИ В НОВОЙ МОДЕЛИ
ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ**

А.Ю. Переварюха

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН,
Россия, 199178 Санкт-Петербург, 14-линия В.О., 39
E-mail: temp_elf@mail.ru

В статье рассматривается моделирование возникновения колебаний численности биологических видов и сопутствующих резких перемен в развитии популяционного процесса. Индукторы возникновения многих долгопериодических флуктуаций, например, сельдяных циклов в Тихом океане, полностью не установлены. Изменения популяционных циклов могут принимать экстремальный характер, нарушать сложившуюся выравненность биологического разнообразия и вызывать значительные последствия для экосистем. Отдельные варианты вспышки численности способны развиваться достаточно долго в форме серии пиков и приводить к временной деградации самой среды обитания вида. Спонтанные колебания могут возникать у изолированных лабораторных популяций вне внешнего воздействия при поддержании постоянных условий эксперимента. Для математического объяснения внутренних механизмов появления колебательных режимов применяются дифференциальные уравнения с запаздыванием. Широко известны несколько таких моделей: Никольсона, Кушинга и наиболее подробно исследованное уравнение Хатчинсона, которые демонстрируют возникновение циклов сложной формы после бифуркации Андронова–Хопфа. Характеристики релаксационных колебаний таких моделей, например, огромная амплитуда пиков при нереальной глубине минимумов, мало соответствуют экологической действительности. Выход на пиковые показатели численности начинается обычно после преодоления пороговых значений, когда вдруг резко ослабляется действие механизмов регуляции. Актуальной задачей остается модификация уравнений с запаздыванием для рассмотрения особых наблюдаемых в реальности сценариев популяционного процесса, например специфических случаев вспышек численности насекомых. Предложена модификация модели Хатчинсона для описания частного, но критического для состояния леса сценария популяционной динамики – вспышки численности в форме серии пиков, но без стремящихся к нулю минимумов. Любая вспышка является переходным режимом существования вида в экосистеме. Далее нами разработана принципиально иная модель, которая включает один из наблюдавшихся сценариев завершения подобных процессов и пересматривает традиционную трактовку параметра пороговой емкости среды. В новом уравнении возникающие после бифуркации релаксационные колебания с увеличением амплитуды не формируют орбитально устойчивый цикл, но резко переходят в неограниченно возрастающую псевдопериодическую траекторию. Потеря свойства диссипативности траектории означает фатальные последствия для существования популяции вида в локальном ареале. Практическую значимость

модель с аномальным переходом представляет для ситуаций инвазии чужеродных видов в изолированную экосистему и размножения адаптировавшихся к химикатам вредителей в агроценозах. В системной экологии сценарий неконтролируемого истощения ресурсов исторически связывается с проблемой острова Пасхи.

Ключевые слова: Модели критической динамики популяций, уравнения с запаздыванием, релаксационные колебания, сценарии вспышек, переходные режимы экосистем.

DOI: 10.18500/0869-6632-2017-25-2-51-62

Образец цитирования: Переварюха А.Ю. Переход от релаксационных колебаний к псевдопериодической траектории в новой модели динамики численности популяции // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2017. Т. 25, No 2. С. 51–62.

TRANSITION FROM RELAXATION OSCILLATIONS TO PSEUDOPERIODIC TRAJECTORY IN THE NEW MODEL OF POPULATION DYNAMICS

A. Yu. Perevaryukha

St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS
Russia, 199178 St. Petersburg, 14-ya liniya V. O., 39.

E-mail: temp_elf@mail.ru

In this article we consider simulation of appearance oscillations in abundance of biological species and concomitant abrupt changes in the population development process. The inductors for the appearance of many long-period fluctuations, such as herring cycles in the Pacific Ocean, have not yet been fully established. Changes in population cycles can take extreme nature and violate prevailing uniformity of biological diversity, even evoke significant impacts on ecosystems. Certain variation of abundance outbreaks can grow long enough in the form of series of peaks and lead to temporary habitat degradation. Spontaneous oscillations can occur in isolated laboratory populations without any external influence, while maintaining permanent experimental conditions. For the mathematical explanation of the internal mechanisms for the appearance of oscillatory regimes are used differential equations with delay. Widely known several such models Nicholson, Cushing, and Hutchinson equations – greater detail studied. Models show the occurrence of complicated forms of cycles after the Andronov–Hopf bifurcation. Features of relaxation oscillations in these models, like huge amplitude peaks at unreal depth lows, very few correspond to ecological reality. Burst to peak values of a population usually start after overcoming some threshold when suddenly action of mechanisms of regulation abruptly reduced. Modification of equation with delay remains an actual task for analysis of particular scenarios that are observed in reality for the population, such as the specific cases or insect outbreaks. We have proposed the modification of the Hutchinson model to describe the rare but critical for the condition of the forest scenario of population dynamics – the outbreak in the form of a

series of peaks, but without intermediate minimums approaching to zero. Any outbreak of is a transient regime of existence of species within the ecosystem. Further, we have developed a basically different model, which involve one of the observed scenarios for completion of such process and reviewing the traditional interpretation of the parameter threshold capacity of environment. Relaxation oscillations occurring after the bifurcation in the new equation with increasing amplitude do not form a stable orbital cycle, but they are rapidly moving in infinitely increasing pseudo-periodic trajectory. The loss of properties of being dissipative trajectory is indicates fatal consequences for the existence of species in the local natural environment. Model with abnormal transition has practical significance in the description for the situations of invasion of alien species in isolated ecosystems and breeding of pests in agricultural areas already adapt to toxic chemicals. In the field of system ecology scenario of uncontrolled of resource exhaustion historically associated with the problem of Easter Island.

Keywords: Critical models of population dynamics, equations with delay, relaxation oscillations, scenarios of outbreaks, transitional regimes of ecosystems.

DOI: 10.18500/0869-6632-2017-25-2-51-62

Paper reference: Perevaryukha A.Yu. Transition from relaxation oscillations to pseudoperiodic trajectory in the new model of population dynamics. *Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics*. 2017. Vol. 25. Issue 2. P. 51–62.

