

**Сценарии прохождения состояния «бутылочного горлышка» инвазионным видом в новой модели динамики численности популяции**

*А.Ю. Переварюха*

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

Россия, 199178 Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., 39

E-mail: temp\_elf@mail.ru

*Поступила в редакцию 14.04.2018, принята к публикации 26.05.2018*

**Тема.** Развитие исследований в области математического моделирования специфических экологических ситуаций и переходных режимов, которые возникают в нелинейных популяционных процессах со сложной внутренней регуляцией. **Цель.** Разработка методов моделирования трудно предсказуемых и резких изменений в сообществах конкурирующих видов, происходящих после вторжения и адаптации вида с потенциально высоким репродуктивным потенциалом в новый ареал с благоприятными условиями размножения. **Актуальность.** При развитии стремительной вспышки численности не работают ординарные, легко математически формализуемые принципы регулирования эффективности воспроизводства популяций. К сценариям, относящимся к области проявления экстремальной динамики численности, неприменимы традиционные модели математической биологии для описания асимптотического роста численности или устойчивых колебательных режимов. **Метод.** Выработка активного противодействия вторжению часто существенно запаздывает, потому методом математического описания переходных ситуаций выбраны дифференциальные уравнения с запаздыванием. Полагается, что вспышка численности есть группа явлений, разнородная по своим динамическим характеристикам, этапам и причинам. Вспышки у насекомых отряда Hemiptera отличаются по фазам и продолжительности от нашествий чешуекрылых вредителей Lepidoptera. Отличаются варианты развития и завершения вспышек. **Результат.** Основным результатом работы стал модельный сценарий на основе модификаций дифференциальных уравнений с запаздыванием, когда после бурной первичной инвазии вторгшийся вид проходит режим «бутылочного горлышка» – предельно малой группы особей, способной к дальнейшему выживанию при благоприятных условиях. При рассмотрении в модификации модели активного противодействия инвазии предполагается, что нежелательный вид способен существенно трансформировать свое новое биотическое окружение. **Обсуждение.** Один из рассмотренных вычислительных сценариев приводит к разрушению возникшего в уравнении циклического режима. Моделируемая ситуация отражает элиминацию опасного вида-конкурента из нового ареала после «бутылочного горлышка». Реальные биологические процессы в нестационарных средах предусматривают несколько вариантов пути. Альтернативный вариант полученного модельного сценария в модификации уравнения с независимым изъятием особей из группы – завершение вспышки чужеродного вида с формированием устойчивого малочисленного и возможно скрытого очага-убежища, который назван «режим рефугиума».

*Ключевые слова:* уравнения с запаздыванием, чужеродные виды, минимальная численность, переходные режимы, циклы, иммунный ответ, моделирование инвазионных процессов.

<https://doi.org/10.18500/0869-6632-2018-26-5-63-80>

*Образец цитирования:* Переварюха А.Ю. Сценарии прохождения состояния «бутылочного горлышка» инвазионным видом в новой модели динамики численности популяции // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2018. Т. 26, № 5. С. 63–80. <https://doi.org/10.18500/0869-6632-2018-26-5-63-80>

### **Scenarios of the passage of the «population bottleneck» by an invasive species in the new model of population dynamics**

*A. Yu. Perevaryukha*

St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences  
39, 14th Linia, VI, 199178 St. Petersburg, Russia  
E-mail: temp\_elf@mail.ru

*Received 14.04.2018, accepted for publication 26.05.2018*

**Topic.** The subject of the article is the expansion of the author's research series in the direction of mathematical modeling of specific ecological situations and transitional regimes that arise in nonlinear population processes with complex internal regulation. **Aim.** The purpose of the article is to develop methods for modeling difficult-to-predict and abrupt changes in the ecology of communities of competing species. Such events occur after the invasion and adaptation of a species with a potentially high reproductive potential to a new area with favorable reproduction conditions. **Relevance.** The significance of the environmental problem we are considering based on the fact that when developing a rapid outbreak of insect, ordinary and easily mathematically formalized principles for regulating the efficiency of population reproduction do not work. In scenarios related to the manifestation of extreme population dynamics, traditional models of mathematical biology for describing asymptotic growth of populations or stable oscillatory regimes will not be applicable. **Method.** Activation of inclusion in the active counteraction for aggression is often significantly delayed, therefore, differential equations with delay are chosen by the mathematical description of transient situations. We believe in the development of new models that outbreaks of populations are a group of phenomena that are heterogeneous in their dynamic characteristics, stages and causes. The outbreaks of Hemiptera's insects differ in terms of phases and duration from invasions of Lepidoptera pests. Variants of development and completion of outbreaks differ. **Result.** The main result of our work will be a model scenario based on modifications of differential equations with delay, when after invasive invasion the invading species passes through the «bottleneck mode» – of a critically small group of individuals, capable of further survival only under favorable conditions. We solved the problem of bottleneck in the population dynamics when considering in the

modification of the active counteraction model of invasion, it is assumed that the undesirable species is able to substantially transform its new biotic environment. **Discussion.** One of the considered computational scenarios leads to the destruction of the cyclic regime that appeared in the equation, which reflects the elimination of the dangerous competitor species from the new habitat. Real biological processes of insect dynamics provide for several variants of final paths. An alternative version of the scenario obtained by us in the modification of the equation with independent withdrawal is the completion of the outbreak of the alien species with the formation of a stable small group, perhaps in the hidden shelter for the so-called «refugium mode».

*Key words:* equations with delay, alien species, minimum number, transitional regimes, cycles, immune response, modeling of invasive processes.

<https://doi.org/10.18500/0869-6632-2018-26-5-63-80>

*References:* Perevaryukha A.Yu. Scenarios of the passage of the «population bottleneck» by an invasive species in the new model of population dynamics. *Izvestiya VUZ, Applied Nonlinear Dynamics*, 2018, vol.26, iss.5, p.63–80.

<https://doi.org/10.18500/0869-6632-2018-26-5-63-80>