

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 530.12

DOI: 10.17223/00213411/62/5/95

*А.В. ШАПОВАЛОВ^{1,2,3}, А.Ю. ТРИФОНОВ^{2,3}***МЕТОД РАЗЛОЖЕНИЯ АДОМИАНА ДЛЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ НЕЛОКАЛЬНОЙ РЕАКЦИОННО-ДИФFUЗИОННОЙ МОДЕЛИ ТИПА ФИШЕРА – КОЛМОГОРОВА – ПЕТРОВСКОГО – ПИСКУНОВА ***

Рассмотрен подход к построению приближенных аналитических решений для одномерной двухкомпонентной реакционно-диффузионной модели, описывающей динамику популяции, взаимодействующей с активным веществом, окружающем популяцию. Система модельных уравнений включает нелокальное обобщенное уравнение Фишера – Колмогорова – Петровского – Пискунова для популяционной плотности и уравнение диффузии для плотности активного вещества. Оба уравнения содержат дополнительные члены, описывающие взаимное влияние популяции и активного вещества. Для нахождения приближенных решений на первом этапе применен метод возмущений по малому параметру взаимодействия популяции и активного вещества. На втором этапе для решения уравнений, определяющих члены ряда теории возмущений, используется известный итерационный метод, разработанный Дж. Адомианом. Особенностью данной работы является то, что в качестве обратимого линейного оператора, являющегося частью оператора уравнения, выбирается оператор диффузии, для которого обратный оператор выражается в терминах диффузионного пропагатора. Это позволяет находить приближенные решения в классе убывающих на бесконечности функций. В качестве иллюстрации рассмотрен пример решения задачи Коши для начальных функций гауссова вида.

Ключевые слова: реакционно-диффузионная модель, нелокальное обобщенное уравнение Фишера – Колмогорова – Петровского – Пискунова, теория возмущений, метод разложения Адомиана.

Введение

Исследования моделей динамики реакционно-диффузионных (РД) систем, взаимодействующих с окружающей средой, позволяют выявлять факторы, управляющие РД-процессами, что создает предпосылки для широкого спектра приложений не только в физике нелинейных явлений, но и в биофизике. Особое место в биофизических исследованиях занимает изучение воздействий активных веществ на рост клеточных популяций (см., например, [1, 2]).

Примером может служить двухкомпонентная РД-модель, описывающая динамику микробиологической, в том числе клеточной, популяции, взаимодействующей с активным веществом, окружающим популяцию [3]. Система модельных уравнений включает нелокальное обобщение известного уравнения Фишера – Колмогорова – Петровского – Пискунова (Фишера – КПП) для популяционной плотности и уравнение диффузии для плотности активного вещества. Оба уравнения содержат дополнительные члены, описывающие взаимное влияние популяции и активного вещества.

В [3] двухкомпонентная система модельных уравнений решалась численно. Аналитический двухпараметрический метод построения приближенных решений для данной системы уравнений предложен в [4], в котором к исходной системе применена теория возмущений по малому параметру взаимодействия популяции и активного вещества, и метод квазиклассических асимптотик ВКБ – Маслова [5, 6] для решения нелокального уравнения Фишера – КПП, определяющего главный член ряда теории возмущений.

В [7] к нелокальному обобщенному уравнению Фишера – КПП применялся итерационный метод построения приближенных решений, разработанный Дж. Адомианом, называемый методом разложения Адомиана (Adomian Decomposition Method (ADM)) [8, 9]. Метод Адомиана широко применяется в нелинейных задачах для нахождения приближенных решений модельных уравне-

* Работа частично поддержана проектом «Физические аспекты релиз-активности Томского государственного педагогического университета»; Программой повышения конкурентоспособности Томского государственного университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров; Программой повышения конкурентоспособности Томского политехнического университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров; научным проектом РФФИ и Томской области № 19-41-700004.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>