

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Алмасри Ахмада

«Мультистабильность и динамические сценарии

в модели жертва-хищник-суперхищник»,

представленную на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 –

математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Оценка актуальности темы исследования

Диссертационная работа Алмасри Ахмада посвящена исследованию математических моделей трёхуровневых трофических систем, описывающих взаимодействие трех видов: жертвы, хищника и суперхищника, питающегося и жертвами, и хищниками. Модели с такой структурой используются также для описания систем с возобновляемым ресурсом, который является пищей для жертвы и хищника, потребляющего как жертву, так и ресурс. Актуальность темы диссертационного исследования обуславливается необходимостью развития математических инструментов для построения адекватных моделей, позволяющих прогнозировать развитие экологических систем с учётом пространственного распределения видов, их миграционной активности, конкурентных и трофических отношений, а также фактора пространственно-временной неоднородности местообитаний.

Следует отметить, что данная работа логически продолжает цикл исследований мультистабильности и свойств семейств стационарных и колебательных режимов в динамических моделях популяционных систем взаимодействующих видов, проводимых под руководством профессора В.Г. Цибулина. В более ранних работах рассматривались системы хищник-жертва и системы конкурирующих видов; таким образом, рассмотрение трофической системы с суперхищником является закономерным развитием этого направления, которое потребовало постановки новых задач перед диссертантом. При этом, при проведении модельных расчётов популяционной динамики в случае неоднородности ресурса продуктивным подходом оказалось развитие конечноразностных схем со смещенными

сетками и использование интеграторов высокого порядка.

Ещё одной интересной и важной особенностью работы является применение для анализа динамики популяционных систем теории косимметрии профессора В.И. Юдовича. В случае однородного ареала этот подход позволил получить явные выражения для самих косимметрий и семейств равновесий. В условиях неоднородности местообитаний возникающая вследствие косимметрии мультистабильность установлена в вычислительном эксперименте.

Содержание и структура диссертации

В первой главе дан литературный обзор моделей тритрофических систем и методов моделирования популяционной динамики, описываемых системами обыкновенных дифференциальных уравнений, а также на основе уравнений в частных производных и с учетом временного запаздывания. Выполненный обзор работ достаточно исчерпывающий: список цитируемой литературы включает 106 источников, куда входят как классические, так и современные работы по теме исследования, а также 11 публикаций самого диссертанта. Сформулированы основные математические модели, анализируемые в диссертации. Рассмотрены варианты систем для различных законов роста жертвы, трофических функций (Холлинга, Беддингтона–ДеАнжелиса), а также с учетом пространственных эффектов и запаздываний.

Сформулированы задачи о пространственно-временном взаимодействии видов в рассматриваемых тритрофических системах. На основе теории косимметрии получены аналитические условия на параметры, при которых возникает мультистабильность решений в виде непрерывного семейства стационарных решений. Довольно интересным является использование логарифмической зависимости коэффициентов таксиса от стимула направленных миграций.

Вторая глава посвящена описанию методов вычислительного эксперимента, адаптированных к исследованию рассматриваемых задач. Представлена дискретизация дифференциальных уравнений в частных производных на основе метода конечных разностей со смещенными сетками. Описаны алгоритмы, реализованные в разработанном программном

комплексе IGP-dde для анализа мультистабильности в тритрофических системах. Исследовано влияние временных запаздываний на динамику модели с хищником-полифагом. Эффективность программного комплекса продемонстрирована на примере моделирования колебательных режимов в системе хищник-жертва по многолетним рядам данных о заготовках шкур канадской рыси и зайца-беляка из классической работы 1942-го года Чарльза Элтона и Мэри Николсон.

Третья глава посвящена анализу сценариев разрушения семейств стационарных решений при нарушении соотношений косимметрии. Приведены примеры распада семейств равновесий и длительного установления к изолированным аттракторам для конечномерных моделей тритрофических систем. Представлены результаты численного моделирования для задачи с одной пространственной переменной. Продemonстрирован эффект «памяти системы» с медленным движением по траекториям в окрестности исчезнувшего семейства.

В Заключение перечислены основные результаты, полученные в диссертационной работе.

Диссертационная работа А. Алмасри «Анализ мультистабильности в задачах популяционной динамики» является законченным научным исследованием, содержащим новые результаты:

1. Для ряда тритрофических моделей выведены аналитические условия существования косимметрии и найдены непрерывные семейства стационарных с переменным спектром устойчивости.
2. Развита алгоритм анализа разрушения семейств стационарных решений на основе теории косимметрического дефекта и селективной функции В.И. Юдовича.
3. Для модели «жертва – хищник – суперхищник» с двумя запаздываниями установлены критические значения запаздываний, при превышении которых часть равновесий теряет устойчивость и становится возможно сосуществование устойчивых равновесий и предельных циклов.
4. В численном эксперименте для ряда тритрофических систем продемонстрирован эффект «памяти о семействе» – длительные

переходные процессы в окрестности исчезнувшего семейства стационарных решений.

5. На основе уравнений реакции-диффузии-таксиса с логарифмическим законом направленных миграций проанализирована тритрофическая модель на неоднородном ареале. Найдены условия косимметрии и доказано существование непрерывного семейства пространственно-неоднородных стационарных решений.
6. Разработан программный комплекс IGP-dde для численного моделирования тритрофических систем.

Достоверность, новизна, ценность и практическая значимость результатов выполненного исследования

Достоверность результатов проведенного исследования обеспечивается корректной постановкой задачи и применением адекватных математических методов. Результаты численных экспериментов обоснованы использованием апробированных методов дискретизации и проведением апостериорного анализа для применяемых численных схем, подтверждены сопоставлением с данными исследований других авторов.

Научная новизна и практическая значимость результатов проведенных исследований. Расширены представления о возможных пространственно-временных сценариях для ряда моделей тритрофических систем с учетом диффузии, таксиса и временного запаздывания. Полученные результаты могут использоваться при прогнозировании динамики экологических систем. Подходы, развитые в диссертации, могут быть применены для исследования мультистабильности в системах обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных.

Ценность научных работ диссертанта подтверждается публикацией в журналах Белого Списка, регистрируемых в базах РИНЦ, Scopus и WoS, а также представлением результатов на научных конференциях.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени, обеспечивается представлением основных результатов диссертации в 11 работах; из которых 4 статьи опубликованы в журналах из перечня рецензируемых научных

журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Имеется свидетельство о регистрации программы (комплекса программ) для анализа математических моделей и проведения вычислений. Содержание автореферата соответствует материалам, представленным в диссертации.

Список замечаний по диссертации и автореферату

1. В работе использован интересный метод, основанный на предположении логарифмической зависимости коэффициента таксиса от стимула, однако отсутствует обоснование данной гипотезы или хотя бы описание возможного механизма, который может привести к такой зависимости. Представляется, что в её основе может лежать закон Вебера–Фехнера, но было бы любопытно узнать мнение автора работы по данному вопросу.
2. Логарифм при моделировании таксиса используется для «сглаживания» реакции на неоднородности в распределении ресурсов и жертв». Не следует ли при этом наложить дополнительные требования на функцию ресурса или прибавить единицу к аргументу логарифма в формулах (1.11)?
3. В цитируемых книгах [2, 37] А.Д. Базыкиным описано и исследовано много различных моделей. Не совсем понятно, на какую именно «модель Базыкина с зависимостью изменений хищников от квадратичной функции плотности вида» ссылается автор на страницах диссертации 13 и 23.
4. В заключении ко второй главе сказано, что «Аналитически найдены условия на параметры, при которых возникают пространственно-неоднородные семейства стационарных решений», хотя соответствующие результаты приведены в первой главе. Также написано, что «Дан анализ решений при нарушении условий косимметрии», но этот вопрос рассматривается в главе 3.
5. В тексте встречаются неудачные фразы и опiski. Например, на стр. 58 «...численными методами продолжения и анализа устойчивости», на странице 86 вместо «внутривидовую интерференцию» написано «межвидовую интерференцию».

Оценка диссертации в целом

Отмеченные недостатки работы и сделанные замечания ни в коей мере не снижают общей положительной оценки диссертации.

Диссертация А. Алмасри представляет собой профессионально выполненное исследование, подтверждающее высокую квалификацию автора. Отмечая актуальность, новизну и научно-практическую ценность исследования, можно сделать следующее заключение: диссертационная работа Ахмада Алмасри удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

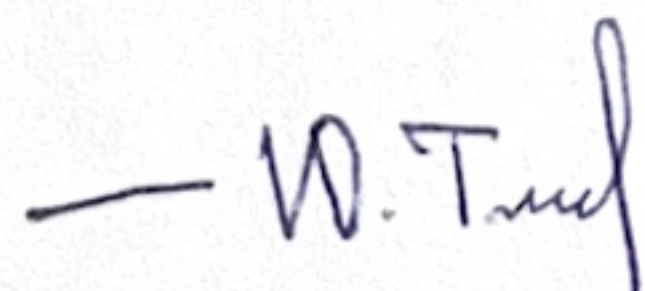
доктор физико-математических наук (03.01.02 – биофизика, 2010 г.),
старший научный сотрудник (1996 г.)

главный научный сотрудник отдела аридных зон

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

«Федеральный исследовательский центр

Южный научный центр Российской академии наук» (ЮНЦ РАН)

 Юрий Викторович ТЮТЮНОВ

Почтовый адрес: 344006, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41

тел./факс +7 (863) 250-98-13, +7(863) 250-98-07 (314)

e-mail: tyutyunov@ssc-ras.ru

сайт: <https://www.ssc-ras.ru/ru/structure/tyutyunov-yurii-viktorovich/>

<https://www.researchgate.net/profile/Yuri-Tyutyunov>

Подпись доктора физико-математических наук

Тютюнова Юрия Викторовича заверяю

