

ОТЗЫВ

научного руководителя

на диссертацию К.С. Сергеева «Колебательные и волновые явления в упорядоченных и неупорядоченных ансамблях взаимодействующих частиц», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - радиофизика

В диссертации К.С. Сергеева исследуются фундаментальные задачи теории нелинейных колебательных и волновых явлений, являющейся неотъемлемым компонентом современной радиофизики. В качестве объектов анализа рассматриваются ансамбли активных и консервативных взаимодействующих частиц. Изучаются как плотные ансамбли, когда частицы образуют упорядоченные решетки и цепочки, так и ансамбли с малой плотностью, для которых характерно неупорядоченное движение. В силу сложности математических моделей, описывающих динамику таких систем и включающих большие массивы нелинейных дифференциальных уравнений, основным методом исследования является численный эксперимент с сопутствующей обработкой результатов моделирования. Посредством компьютерного моделирования изучаются стационарные и метастабильные состояния ансамблей, влияние внешних регулярных и шумовых возмущений на динамику решеток, зависимость характеристик состояний систем от характера связей между частицами и степени неравновесности активных частиц.

Исследуемые в работе модели используются при изучении волновых и колебательных явлений во многих реальных системах различной природы, причем как технических системах, так и природных объектах. Достаточно вспомнить активные мембраны, органические молекулы, электрические цепи, распределенные электронные системы. Для таких нелинейных решеток, цепочек, ансамблей характерно многообразие динамических режимов, многие из которых изучены не в полной мере. Важной проблемой является исследование возможности управления колебательными и волновыми режимами с целью обеспечения их нужных характеристик. Поэтому актуальность проблем исследования динамики ансамблей взаимодействующих частиц сомнения не вызывает.

В работе К.С.Сергеева рассматривается комплекс научных проблем, актуальных для ансамблей активных и консервативных частиц, а также цепочек осцилляторов. Такие системы анализировались и ранее, однако практически не исследовались переходные процессы от заданного начального состояния к стационарному состоянию, которые могут быть очень длительными (метастабильными) и поэтому могут вносить существенный вклад в макроскопические характеристики систем. И если для одномерной цепочки активных частиц были известны по крайней мере стационарные состояния, то для двумерной решетки даже стационарные состояния практически не изучались. Основное внимание в работе уделяется локализованным возбуждениям в решетках, двумерных и одномерных, активных частиц, однако нелинейные локализованные волны в одномерных цепочках консервативных или диссипативных частиц также представляют интерес, достаточно вспомнить волны в органических молекулах. Именно поэтому в диссертацию включена глава, посвященная анализу модели ДНК, компоненты которой – нуклеотидные пары – по природе не являются активными парами (сайтами), но в ансамбле которых, объединенных в цепочку-молекулу, также формируются локализованные возбуждения в виде мобильных и немобильных бризеров и бабблов.

В результате проведения большого объема численных экспериментов были обнаружены такие новые эффекты как образование солитонных кластеров в цепочках с нелокальной связью между активными частицами, переключения между различными стационарными модами под действием внешнего шума, образование диссипативных бризеров в цепочке осцилляторов Рэля с нелинейной потенциальной связью, формирование солитонных волн и краудионов в двумерной решетке активных частиц, переходы между режимами бистабильности и бимодальности в двумерном ансамбле частиц, взаимодействующих через общее поле, формирование бризеров с заданными свойствами в молекуле ДНК.

Отметим, что практически все значимые результаты работы получены посредством численного моделирования с применением специально разработанных программ, учитывающих специфику процессов в таких дискретных

распределенных системах как цепочки и двумерные решетки активных и консервативных частиц, и программ обработки результатов.

Среди новых научных результатов в работе К.С.Сергеева можно выделить следующие:

1. Показано, что для динамики цепочек активных частиц с потенциальной связью между ними характерно наличие стадии длительных метастабильных процессов перехода от начальных состояний, задаваемых начальными шумовыми возмущениями, к одному из стационарных состояний в виде кноидальных волн; длительность метастабильных процессов растет экспоненциально с ростом числа частиц в цепочке,
2. Установлено, при воздействии внешнего шума на цепочку активных частиц с периодическими граничными условиями возможно переключения между модами-аттракторами цепочки,
3. Обнаружено, что в цепочке осцилляторов Рэля со связью между ними за счет потенциальных сил Морзе могут возбуждаться стационарные моды, включающие кластеры частиц, демонстрирующие динамику, отличную от динамики остальных частиц; предложено называть такие частицы диссипативными бризерами,
4. Обнаружено, что класс стационарных состояний двумерной плотно-упакованной решетки активных частиц с периодическими граничными условиями ограничивается набором трансляционных мод с различными направлениями движений, к которым эволюционируют разнообразные метастабильные моды;
5. Показано, что для малого неупорядоченного двумерного ансамбля активных частиц, взаимодействующих через общее поле, в пространстве параметров характерно существование двух областей с различным вероятностным распределением скорости,
6. Установлено, что в цепочке нуклеотидных пар молекулы ДНК возможно обеспечить возбуждение компактных мобильных бризеров с большой длиной траектории за счет специального выбора начальных условий для небольшого числа смежных нуклеотидных пар

В течение обучения в аспирантуре К.С.Сергеев глубоко изучил современную теорию колебательных и волновых явлений, освоил принципы математического моделирования систем различной природы, и в первую очередь, радиофизических систем, он хорошо владеет современными методами программирования и численного моделирования динамики сложных нелинейных объектов. Для выполнения диссертационной работы он разработал и успешно применил серию программ моделирования и обработки результатов численного эксперимента.

В период обучения в аспирантуре К.С. Сергеев являлся исполнителем гранта РФФИ №15-02-02288, международного гранта Немецкого Физического Общества DFG SFB-911 и грантов РНФ №16-12-1075 и №16-11-10163.

Результаты диссертационной работы К.С. Сергеева докладывались на 12 международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 7 статей в реферируемых журналах, рекомендованных ВАК, и 5 работ в сборниках тезисов конференций.

В течение всего времени обучения в аспирантуре К.С.Сергеев занимался педагогической работой, проводил лабораторные и семинарские занятия со студентами кафедры радиофизики и нелинейной динамики, участвовал в руководстве курсовыми работами.

Диссертация К.С.Сергеева является законченной квалификационной работой, включающей анализ современного состояния изучаемых в ней проблем и детальное изложение результатов проведенных научных исследований. Она хорошо написана и содержит большое количество качественных иллюстраций. Результаты работы отражены в многочисленных публикациях и докладывались на многих международных научных конференциях и семинарах. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа К.С.Сергеева вносит заметный вклад в развитие важного компонента современной радиофизики, связанного с изучением нелинейных колебательных и волновых процессов в сложных распределенных системах. Работа полностью соответствует специальности 01.04.03 – «радиофизика» и отвечает всем требованиям пп. 9-11, 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства

РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук. Считаю, что автор диссертации, Сергеев Константин Сергеевич, достоин присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Профессор кафедры радиофизики
и нелинейной динамики,
доктор физ.-мат. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского»
г. Саратов, 410012, Астраханская 83
тел. 210-710
chetverikovap@info.sgu.ru

Четвериков
Александр Петрович

Личную подпись А.П. Четверикова «ЗАВЕРЯЮ»

Ученый секретарь СГУ
доцент, к.х.н.



И.В. Федусенко

20.09.2018