

«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор ИПМ РАН  
д.ф.-м.н. В.И. Ерофеев

24 / 04 2017г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Долгой **Анны Андреевны** «**Моделирование пространственных и временных закономерностей геодинамического процесса**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

**Актуальность темы исследования.** Диссертационная работа А.А. Долгой посвящена моделированию закономерностей распределения сильных сейсмических и вулканических событий в масштабах всей планеты. Применяемый автором подход позволяет изучать наиболее общие закономерности геодинамической активности Земли. При интерпретации выявленных закономерностей автор руководствуется представлениями о волновых свойствах геодинамической активности нашей планеты. В настоящее время в физике Земли нет единого мнения о причинах и механизмах возникновения происходящих в геосреде процессах. В связи с этим представляется весьма перспективным исследование геодеформационных волн, причем понимание характера и закономерностей рассматриваемых в диссертационном исследовании процессов является актуальной задачей с точки зрения как фундаментальной, так и прикладной науки.

**Новизна полученных результатов** заключается в следующем:

1. Разработана база данных, в едином формате содержащая сведения о землетрясениях и извержениях вулканов геодинамически активных поясов Земли. Формат представления данных позволяет применять единые методы анализа к совокупностям сейсмических и вулканических событий и получать сопоставимые результаты.

2. Предложена математическая модель пространственно-временного распределения (миграции) очагов землетрясений и вулканических извержений в пределах трех наиболее геодинамически активных поясов планеты.

3. Разработаны алгоритмы исследования временных, пространственно-временных и энергетических закономерностей геодинамического (сейсмического и вулканического) процесса и комплекс программных продуктов, автоматизирующих эти методы.

Подтверждены данные о существовании характерного периода геодинамического процесса, примерно равного 250 лет, и кратных ему четных периодов, равных 500, 1000 и 2000 лет.

В рамках модели с использованием разработанных автором алгоритмов для трех наиболее тектонически активных поясов Земли получены новые данные о существовании зависимости скорости миграции очагов землетрясений и извержений вулканов от их энергетических характеристик. В результате оказалось возможным обосновать существование векторного, по сути, геодинамического параметра, чувствительного к геодинамическим обстановкам в регионах, физическим аналогом которого может являться физическая величина, имеющая смысл момента импульса.

Усовершенствована волновая модель геодинамического процесса, в основу которой заложены выявленные в работе обобщенные представления о его периодичности, миграции и о сохраняющейся векторной величине.

Все основные результаты диссертации являются новыми; они опубликованы в рецензируемых журналах, включая и журналы из перечня ВАК.

**Достоверность полученных результатов и выводов.** Достоверность предложенных математических моделей и разработанных методов исследования обеспечивается применением результатов и методов современной теории вероятности и математического моделирования потоков событий. Автором использованы известные и апробированные методы анализа закономерностей временных рядов и разработан комплекс программ для решения поставленных задач. Показано, что результаты математического моделирования согласуются с данными и расчетами, проведенными другими исследователями.

Основные результаты апробированы на всероссийских и международных научно-практических конференциях, а также при реализации грантов ДВО и РФФИ.

**Значимость полученных результатов.** Полученные в диссертации результаты развивают теорию математического моделирования рядов сейсмических и вулканических событий и характеристик геодинамического процесса в целом. Основным результатом работы А.А. Долгой является разработка и верификация новых численных методов исследования пространственных и временных закономерностей геодинамического процесса, применимых для изучения различных наборов данных.

Практическая значимость работы заключается, прежде всего, в создании базы данных сейсмических и вулканических событий, которая позволяет обрабатывать огромный накопленный статистический материал с единых позиций. Разработанные автором программные продукты, автоматизирующие применение предложенных в работе методов исследования, могут быть использованы и для анализа других массивов данных, например, каталога катастрофических событий.

**Общая характеристика работы.** Представленная на отзыв диссертация изложена на 196 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка

литературы из 361 наименования и двух приложений; содержит 39 рисунков и 9 таблиц, включенных в текст.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, изложена цель исследования, сформулированы задачи исследования, показана научная новизна работы и ее практическая значимость.

*Первая глава* диссертации посвящена анализу известных методов и подходов к исследованию закономерностей геодинамического процесса и полученным с их помощью результатам. В главе приведен анализ известных методов исследования закономерностей сейсмической и вулканической активности и приведены математические и физические представления о свойствах геосреды и ее движениях.

*Во второй главе* приводится описание каталогов и источников сведений для базы данных, описаны инфологическая и даталогическая модели базы данных и представлена ее структура, описан функционал и внешний вид информационно-вычислительной системы, созданной автором для работы с базой данных. Приведены полученные автором результаты статистического анализа базы данных, показывающие, что полученные массивы данных являются статистически полными и подходят под задачи диссертационного исследования.

*Третья глава* диссертационной работы посвящена разработке математических методов анализа временных и пространственно-временных закономерностей сейсмического и вулканического процессов. Описан разработанный автором метод «квазифазовой плоскости», предназначенный для моделирования временных закономерностей сейсмической активности. Показано, что получаемые с помощью предложенного метода результаты соответствуют данным, полученным с помощью других методов изучения временных закономерностей. Описана математическая модель миграции очагов землетрясений и извержений вулканов, представлен основанный на этой модели метод для исследования миграции сейсмической и вулканической активности и описана программа, автоматизирующая проведение вычислительных экспериментов с помощью этого метода. Представлены результаты исследования миграции очагов землетрясений и извержений вулканов. Получены новые данные о зависимостях между скоростями миграции и энергетическими характеристиками исследуемых процессов.

*В четвертой главе* приводится описание физико-математической модели движения твердого вращающегося тела применительно к фрагментированной (блоковой) геологической среде (геосреде) и представлены пути возможного дальнейшего развития волновой модели геодинамического процесса с учетом полученных в диссертации новых данных.

*В заключении* представлены основные результаты диссертационного исследования.

*В приложения* вынесены блок-схемы алгоритмов, реализующих применяемые в работе методы исследования, а также программный код, выполняющий основные вычислительные процедуры.

### **Замечания по диссертации**

1. Разработанный автором метод исследования миграции очагов землетрясений и извержений вулканов является новым подходом к изучению пространственно-временных закономерностей геодинамического процесса. Автору следовало бы запатентовать этот метод, а не просто опубликовать его в статье, пусть и в рейтинговом рецензируемом журнале.

2. При описании результатов исследования периодичности сейсмических и вулканических событий автору следовало бы привести не только обобщенные периодограммы, но и графики для различных регионов, временных периодов и энергетических интервалов. Также автор рассматривает и обсуждает только периоды от 200 лет, хотя на графиках видны пики периодограмм на более коротких периодах. Объяснений такой избирательности в тексте работы нет.

3. В диссертации сказано, что автором составлена «максимально полная база данных». Как проверялось это утверждение? Максимально полная по сравнению с какими базами – российскими или международными?

4. На стр. 80 диссертации приведены законы распределения Пуассона, Парето и Вейбулла-Гнеденко. Как известно, первый из них является вероятностным распределением дискретного типа, задаваемым рядом распределения, в то время как два других – непрерывного типа. Но почему-то все три закона задаются плотностью вероятности, как это принято для непрерывных случайных величин.

Тем не менее, перечисленные замечания не снижают научной ценности диссертации и не ставят под сомнение полученные результаты.

### **Заключение**

Диссертация Долгой А.А. представляет собой законченную научно-исследовательскую квалификационную работу, в которой предложены новые математические модели, реализованы эффективные численные методы исследования закономерностей в рядах сейсмических и вулканических событий и алгоритмы в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительных экспериментов, что определяет вклад в развитие физико-математической отрасли знания. Все основные результаты диссертации являются новыми; они опубликованы в рецензируемых журналах, включая и журналы из перечня ВАК.

Работа Долгой А.А. отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, автор Долгая Анна Андреевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв составил доктор физико-математических наук,  
специальность 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»,

Игорь Сергеевич Павлов,  
зам. директора по научной работе ИПМ РАН.

Отзыв заслушан и утвержден в качестве официального отзыва ведущей организации на заседании семинара Лаборатории волновой динамики и виброзащиты машин ИПМ РАН, протокол № 2 от 20.04.2017.

Институт проблем машиностроения РАН – филиал  
Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики  
Российской академии наук» (ИПМ РАН)

Адрес: 603024, Нижний Новгород, Белинского ул., д. 85

Тел./факс (831) 432-03-00

e-mail: [ispavlov@mail.ru](mailto:ispavlov@mail.ru)