

Отзыв

официального оппонента член-корреспондента РАН, доктора физико-математических наук Кривцова Антона-Иржи Мирославовича на диссертационную работу Шестопалова Валерия Леонидовича на тему «Исследование механических предвестников и модели «стартового» землетрясения методами блочного элемента и спутниковой геодинамики», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела

Актуальность избранной темы. Ключевым фактором, определяющим актуальность устойчивого развития прибрежных территорий Азово-Черноморского бассейна, является необходимость в системном управлении сейсмическими рисками. Данная задача приобретает критическую значимость на фоне интенсивного антропогенного освоения региона. Особую остроту этой проблеме придает высокая концентрация в зонах повышенной геодинимической активности критически важных объектов. Речь идет не только о густонаселённых районах, но и об объектах Олимпийского комплекса, крупнейших транспортно-логистических хабах и стратегических элементах энергетической инфраструктуры. Таким образом, задача сейсмобезопасности трансформируется из узкоотраслевой в фундаментальную, становясь обязательным условием для любого дальнейшего социально-экономического прогресса всего макрорегиона. Без ее решения теряет смысл обсуждение долгосрочных инвестиционных проектов и устойчивого роста, так как сами активы и человеческий капитал находятся в зоне постоянной потенциальной угрозы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Все научные положения диссертации обоснованы и опираются на фундаментальный тезис академиков Г.А. Гамбурцева и М.А. Садовского о необходимости применения методов механики для решения проблем сейсмологии, что и было реализовано в данной работе.

Достоверность. Настоящая работа использует и развивает недавно созданный метод блочного элемента. Важно отметить, что еще до применения в данной диссертации метод уже получил широкое признание: он был представлен в рецензируемых журналах высшего эшелона и доложен на ряде престижных конференций, что свидетельствует о его надежности и перспективности.

Новизна. Основным результатом, определяющим научную новизну работы, является модель прогнозирования землетрясений нового типа –

«стартовых» землетрясений. Модель создана на базе усовершенствованного метода блочного элемента и экспериментальных методик и позволяет выявлять новые типы предвестников за счет анализа блочно-иерархического строения геологической среды в сейсмоопасных регионах, таких как Азово-Черноморский.

Полученные результаты, характеризующиеся новизной, заключаются в следующем: во введении обосновывается актуальность работы, формулируются ее цель, научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость. Приводится анализ литературных источников, послуживших основой для исследования и освещается вклад ученых-предшественников, определивших вектор данного научного изыскания.

В первой главе обосновывается недостаточная эффективность традиционных численных методов для поставленных в диссертации задач и доказываемая необходимость применения нового подхода — метода блочного элемента разработанного при участии автора. Эффективность метода иллюстрируется на примере модели контактной задачи с деформируемыми штампами которые имитируют гранитные литосферные плиты, движущиеся по границе Конрада на базальтовом основании. Метод блочного элемента был применен для анализа геологического строения прибрежной зоны, сформированной в условиях субдукции океанической плиты под континентальную. Была построена модель простейшего скалярного взаимодействия литосферных плит на основе пластин Киргофа с использованием теории скрытых дефектов в средах с покрытиями. Теоретические расчеты решений функциональных уравнений на заключительном этапе подготовки «стартового» землетрясения сравнивались с геодинимическими характеристиками движений GPS-пункта в период сейсмической активности в районе г. Сочи. Сравнение показало идентичную динамику изменения напряжённости, что подтверждает возможность реализации механизма землетрясения по типу «стартового».

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию контактных задач для литосферной плиты, имеющей форму полосы конечной ширины и лежащей на слоистом основании, которое моделируется деформируемым штампом. В рамках данной модели показана возможность возникновения резонансных частот, что может привести к разрушению плиты и, как следствие, к землетрясению. Территорию Сочи-Краснополянской зоны пронизывают разломы, которые делят земную кору на отдельные блоки. Колебания, вызванные приливным воздействием Луны, могут вызывать резонанс в этих блоках и спровоцировать сейсмическое событие.

В главах 3 и 4 даётся описание эмпирической базы исследования в виде специальной сети пунктов GPS/ГЛОНАСС. Описан вычислительный процесс обработки данных на основе пакета программ разработанных соискателем. Впервые проведено сравнение данных GPS и российской системы ГЛОНАСС для геодинимических исследований, доказавшее их равнозначную эффективность

Пятая глава посвящена оценке геодинимической активности в сейсмоопасных районах Азово-Черноморского побережья. Представлен также развитый автором математический метод и вычислительная процедура получения прогнозного признака «стартового» землетрясения в виде интегрального критерия, указывающего на повышение напряжённо-деформированного состояния геологической среды.

В главе 6 дано сравнение деформационных методов оценки сейсмической активности на базе технологий гидрогеодеформационного поля (ГГД-поля) и GPS-измерений. Обосновывается более высокая эффективность сетей GPS по сравнению с применяемой в настоящее время в России технологии ГГД-поля.

В седьмой главе на основе анализа данных о движении земной коры (международный GPS-пункт в Крыму) и сведений о гипоцентрах были выявлены «стартовые» землетрясения в районе восточного побережья Крыма и исследованы условия их возникновения.

В период резкого усиления геодинимической активности всего Черноморского региона на фоне землетрясений в Турции в феврале 2023 года, исходя из анализа процессов субдукции в районе Крымского восточного побережья было выделено землетрясение, которое можно классифицировать как «стартовое». Выявление и анализ подобных «стартовых» событий имеют важное прогностическое значение. Они могут служить индикатором перехода сейсмического режима региона в нестабильную фазу и требуют повышенного внимания к мониторингу сейсмической активности в зонах субдукции у Крымского полуострова и в районе Черноморского побережья России.

В главе 8 предложен новый диагностический признак сейсмической угрозы — синусоидальный подъем земной поверхности, выявленный с помощью GPS/ГЛОНАСС-измерений и подтвержденный теоретическими расчетами.

Замечания.

1. В первой главе диссертации исследуется применение метода блочного элемента для идентификации «стартового» землетрясения в условиях прибрежной зоны, характеризующейся процессами субдукции. При

этом остаётся дискуссионным вопрос о применимости данного метода в иных геодинимических обстановках.

2. В теоретическом исследовании механизма резонансных частот при колебании литосферной плиты имеющей форму полосы конечной ширины и лежащей на слоистом основании нет анализа связи с механизмом «стартового» землетрясения.

3. Работа несколько перегружена деталями организации вычислительного процесса на основе пакета GAMIT.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Шестопалова Валерия Леонидовича на тему «Исследование механических предвестников и модели «стартового» землетрясения методами блочного элемента и спутниковой геодинимики» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, имеющих существенное значение для механики деформируемого твердого тела. Основным научным достижением автора является существенное развитие и адаптация метода блочного элемента для моделирования нестационарных процессов в крупноблочных средах, в частности литосферных плитах, с интеграцией спутниковых GPS-данных об их движении. Важнейшей отличительной особенностью работы является не применение существующего математического аппарата, а его фундаментальное развитие для решения актуальной задачи прогнозирования сейсмической активности, включая прогноз землетрясения принципиально нового типа — «стартового» землетрясения. Полученные результаты в совокупности формируют новое научное достижение в данной области знаний.

В автореферате и опубликованных статьях полностью отражены результаты исследования. Все научные положения и выводы, выносимые на защиту, обоснованы. Проведенные в диссертации исследования отвечают современному состоянию механики деформируемого твердого тела.

Считаю, что диссертационная работа «Исследование механических предвестников и модели «стартового» землетрясения методами блочного элемента и спутниковой геодинимики» Шестопалова Валерия Леонидовича полностью соответствует критериям, установленным п.п. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Шестопалов Валерий Леонидович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8. — Механика деформируемого твердого тела.

Специальность, по которой оппонент защитил докторскую диссертацию: 1.1.8. – Механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент:

Член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, директор Высшей школы теоретической механики и математической физики; ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Кривцов Антон-Иржи Мирославович

Дата 26.11.2025

Контактная информация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (ФГАОУ ВО СПбПУ), г. Санкт-Петербург, Политехническая 29 корп. лит. АФ, Научно-исследовательский корпус «Технополис Политех».

Телефон: +7 (812) 552-64-37

Сайт: <https://hstm.spbstu.ru/>

e-mail: hstm@spbstu.ru

