«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИЗК СО РАН член-корр. РАН, докт. геол.-мин. наук, профессор

_____ / Д.П. Гладкочуб /

17 марта 2020 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу «Моделирование современной эволюции напряженно-деформированного состояния в складчатых областях Центральной и Юго-Восточной Азии» Перышкина Алексея Юрьевича, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Комплексное изучение движений элементов земной коры, включая методы математического моделирования тектонических течений, является актуальной проблемой для обеспечения безопасности человечества в борьбе с природными катастрофами геологического происхождения. В частности, различные аспекты этой проблематики важны как для создания моделей и понимания механизмов формирования процессов динамического разрушения в геологической среде и для выяснения закономерностей формирования очагов катастрофических землетрясений разрушения в земной коре с целью разработки методов эффективного снижения инженерно-сейсмического риска. Развиваемые в нашей стране методы математического моделирования тектонических процессов и связанных с ними природных катастроф, имеющие еще во многом преимущественно качественный характер, постепенно приобретают важную роль в частности в науках о Земле, существенно расширяя научные представления в геотектонических процессах. В последние 20-25 лет пристальное внимание исследователей уделяется медленным деформационно-волновым процессам в геологической разломно-блоковой среде со скоростями 1-100 км/год. Однако, достоверных оценок и надежных измерений скоростей и амплитуд этих возмущений пока еще крайне мало во многом из-за отсутствия способов регистрации и технического оснащения. Отсюда еще достаточного понимания физических механизмов этого явления, нет разработанных математических моделей достаточно адекватных реальным геологическим условиям, что затрудняет разработку мер противодействия природным

Цели и конкретные задачи исследований, поставленные в диссертационной работе Алексея Юрьевича Перышкина: 1) численное изучение тектонических течений в Центральной и Юго-Восточной Азии, 2) численное моделирование сейсмического процесса как сверхбыстрой стадии разрушения, 3) изучение медленной динамики (медленных деформационных возмущений) и её роли в формировании очагов разрушения, являются актуальными задачами в науках о Земле.

В связи с этими запросами автором представлены следующие выносимые на защиту положения: 1) Структурная модель Центральной и Юго-Восточной Азии, включающая прочностные параметры структурных элементов геосреды, определённые в соответствии с плотностью разноранговых сейсмоактивных разрывов; 2) Результаты численного моделирования современных тектонических течений в Центральной и Юго-Восточной Азии, в том числе в Байкальской рифтовой зоне; 3) Результаты численного моделирования распространения деформаци-онных процессов от области коллизии Индийской, Аравийской и Северо-Американской плит с Евразийской вглубь континента; 4) Результаты численного моделирования сейсмического процесса в Цен-тральной и Юго-Восточной Азии, в том числе в Байкальской рифтовой зоне и его распространения от области коллизии вглубь Евразийского континента; 5) Результаты численного моделирования особенностей формирования и распространения медленных деформационных возмущений и их вклад в формирование критических состояний (очагов разрушения). Они представляются в достаточной мере обоснованными.

Диссертационная работа Алексея Юрьевича Перышкина содержит введение, 4 главы, заключение, что составляет 124 страницы, включая 52 рисунка, 8 таблиц и список литературы из 135 наименований. Литературный обзор, приведённый в первой главе, достаточно полно отражает современное состояние проблематики, которой посвящена диссертационная работа.

Во второй главе обосновывается математическая модель для численного моделирования тектонических течений. Важной особенностью предлагаемой модели является её способность описывать как медленные стадии эволюции напряжённо-деформированного состояния нагружаемой геосреды, так и быстрые катастрофические этапы разрушения. Так, сейсмический процесс (землетрясения) рассматривается как сверхбыстрая стадия эволюции деструктивного процесса в литосфере.

При моделировании тектонических течений и разрушения геосреды (в данном случае обширный регион Центральной и Юго-Восточной Азии), реологическая модель

позволяет описать как пластические деформации, включая процессы дилатансии, так и хрупкое разрушение. Причём, в модели разрушения учтена разница прочностных свойств хрупкой среды при сжатиях и растяжениях, что крайне важно при моделировании сейсмотектонического процесса. Эти результаты полученные средствами примененного численного моделирования новыми при решении важных вопросов, касающихся описания тектонических течений с позиций физической мезомеханики.

Также оригинальной является предлагаемая методика, комбинирующая численные методы механики сплошных сред и методику клеточных автоматов, при моделировании процессов совместной генерации и распространения как обычных звуковых возмущений, так и процессов медленной динамики.

Третья глава вызывает особый интерес для геологов и геофизиков, поскольку в ней рассматривается структурная модель геосреды для областей Центральной и Юго-Восточной Азии, которая учитывает ее блоковую структуру как сочетание разномасштабных жестких доменов (кратонов), так и более повреждённые податливые (межплитные) деструктивные зоны. В основе этой структурной модели лежат многолетние геологические исследования и соответствующие структурные карты, в частности, полученные авторитетными геологами и геофизикам Института Земной коры СО РАН, что, несомненно, существенно повлияло на достоверность численных результатов. Полученные результаты расчётов тектонических течений, представленные в этой главе, в целом качественно совпадают с геологическими наблюдениями. На западе и востоке от коллизии Индостана с Евразией наблюдаются противотоки. Совпадает с наземными наблюдениями и выявленный автором средний тренд тектонических течений с юго-запада на северо-восток. В расчетах автора отражен и поворот Амурской плиты, что соответствует известным геолого-геофизическим представлениям многих специалистов в России и за рубежом. Главные важные результаты этого раздела работы состоят в следующем. Показано, что необходимо учитывать влияние Аравийской плиты на общий тренд тектонических течений. Средствами моделирования автором отмечается вывод о том, что коллизионный фактор влияния на Байкальскую рифтовую зону со стороны Индостана не позволяет полностью объяснить наблюдаемые в Центральной и Юго-Восточной Азии тектонические течения. На рис. 3.27-а хорошо видно, что наиболее заметным образом этот фактор проявляется лишь на юго-западном фланге в Байкальской рифтовой зоне, тогда как ее центральная часть и особенно северо-восточный фланг оказываются в другом сдвиговом поле напряжений. Чтобы получить заметные течения в областях Центральной Азии, включая Алтай, в численных расчётах пришлось увеличить

давление Индостана почти на порядок. Автор справедливо указывает, что для корректного геомеханического моделирования необходимо учитывать другие геодинамические факторы, например, влияние мантийных течений и наличие мантийного суперплюма под литосферой Байкальского рифта. На взгляд рецензента это ценное наблюдение, вытекающее из проведенных вычислений и касающееся спорных представлений о модели возникновения Байкальского рифта. Оно касается также необходимости дополнительного дальнейшего всестороннего моделирования с учетом не только внутриземных, но и внеземных факторов, контролирующих сейсмотектонические процессы на нашей планете. Например, важно учитывать роль постоянно действующего гравитационного влияния Солнечной системы на режимы осевого и орбитального вращения, пульсационных смещений ядра Земли. Они оказывают огромное влияние на термодинамические процессы в пределах всех горизонтов мантии, включая течения и магматические процессы, а также всплывание разномасштабных плюмов к основанию литосферных кратонов. Кстати, именно всплывающие к основанию литосферы мегаплюмы в значительной мере стимулируют рифтогенные процессы. В представленной автором диссертации рассмотрен только вариант моделей геомеханического межплитного взаимодействия, рассматриваемый в парадигме представлений из сферы тектоники плит.

Особый интерес представляют расчёты сейсмического процесса и его распространения с юго-запада на северо-восток с хорошим совпадением с наблюдениями. Графики повторяемости расчётных сейсмических событий приводят к фундаментальному эмпирическому закону Гуттенберга-Рихтера, что является важным теоретическим результатом и свидетельствует об адекватности математической модели. Расчётные сейсмические события приурочены к ослабленным повреждённым зонам. Эти результаты также свидетельствуют об удачном выборе структурной модели, основанной на геолого-геофизических материалах, полученных сотрудниками Института земной коры. Автору на будущие исследования стоит рекомендовать привлечение других дополнительных энергетических источников для численного моделирования геотектонических процессов.

В четвертой главе представлены результаты, полученные автором при новаторском рассмотрении проявлений в медленной волновой геодинамике, которые во многом являются новыми. Автором предложена реалистичная модель математическая модель, описывающая совместные процессы упруго-пластического деформирования прочной среды и генерации в ней медленных деформационных возмущений автоволновой природы. Как и в наблюдениях, эти деформационные автоволны распространяются со скоростями на несколько порядков меньшими, чем звуковые волны напряжений. Модель

протестирована на известных лабораторных экспериментах. В ней показано, что модельная среда в проведенном вычислительном эксперименте способна к кооперативному самосогласованному отклику на силовое нагружение, то есть к самоорганизации.

На взгляд рецензента достоверность полученных А.Ю. Перышкиным сведений основывается на корректном использовании широко апробированных методов механики деформируемого твердого тела применительно к геосреде, а также сравнением ключевых результатов с геологическими наблюдениями. Его результаты в достаточной степени апробированы на 15 всероссийских конференциях. Вполне представителен и список публикаций автора, который содержит 14 работ, опубликованных в рецензируемых изданиях, в том числе 4 работы в изданиях, включенных в Перечень ВАК. Текст автореферата соответствует тексту диссертации.

Диссертационная работа Алексея Юрьевича Перышкина выполнялась в рамках базовых проектов фундаментальных исследований РАН, а также по тематикам междисциплинарных и интеграционных проектов СО РАН и по двум проектам РНФ. Работа написана понятным литературным и научным языком,

Тем не менее, стоит привести некоторые замечания:1. В представленной автором диссертации рассмотрен только вариант моделей геомеханического межплитного взаимодействия, рассматриваемый в парадигме представлений из сферы тектоники плит. Известно, что именно всплываюшие магматические массы в мантии в виде плюмов в наибольшей мере стимулируют процессы рифтогенного растяжения земной коры; 2. Следует также учитывать, что данные GPS- измерений несут информацию за короткий современный период тектонического развития, общая длительность которого исчисляется десятками миллионов лет; 3.На многих цветовых рисунках, например, 3.29 или 3.27 не приводятся условные обозначения.4. Есть отдельные досадные опечатки, например, в русскоязычной транскрипции широко известного ученого Питера Молнара из США. Основные высказанные замечания проистекают из-за сложности и недостаточной изученности геодинамических процессов, особенно глубинных, а также обусловленных проявлениями солнечно-земных связей. Замечания не ставят под сомнение научную ценность представленной кандидатской диссертации А.Ю. Перышкина, они могут рассматриваться скорее как пожелания для его дальнейших исследований. Рассмотренная работа представляет ценность как в области геодинамических построений и создания новых моделей, так и для практических приложений, касающихся противостояния человеческого сообщества геологическим катастрофам.

новых моделей, так и для практических приложений, касающихся противостояния человеческого сообщества геологическим катастрофам.

Заключение по диссертации

Представленная диссертация «Моделирование современной эволюции напряженно-деформированного состояния в складчатых областях Центральной и Юго-Восточной Азии» является завершенной научно-квалификационной работой. Она по достоверности, научной новизне и значимости полученных результатов полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, представляемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «механика деформируемого твердого тела» п.п. 9-14 «Положения о присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. от 01.10.2018 г.), а ее автор, Перышкин Алексей Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 - Механика деформируемого твердого тела.

Отзыв на работу А.Ю.Перышкина обсужден на расширенном заседании лабораторий тектонофизики и современной геодинамики, протокол №3 от 16 марта 2020 г. и утвержден на заседании Ученого Совета ИЗК СО РАН 17 марта 2020 г., протокол № 4.

Главный научный сотрудник,
доктор геол.- мин. наук Ружич Валерий Васильевич
Лаборатория тектонофизики

Сведения об организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, Почтовый адрес: 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128; Тел.: 8 (3952) 427000. Факс: 8 (3952) 426900, 427000. Email: log@crust.irk.ru, сайт организации: http://www.crust.irk.ru

Подпись В.В. Ружича
Заверяю
Ведущий инспектор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук
«17» марта 2020 г.