

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д003.022.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЗЕМНОЙ КОРЫ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28 сентября 2022 г. № 16 о присуждении Черемных Алексею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Морфоструктурные особенности сдвиговых и сбросовых разломных зон: тектонофизический анализ» по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика» принята к защите 11.07.2022 г. (протокол № 2) диссертационным советом Д003.022.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128, приказ Минобрнауки России № 931/нк от 28.09.2017 г.

Соискатель Черемных Алексей Сергеевич, 1989 г. рождения, в 2011 г. окончил ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет» по специальности «Информационные системы и технологии». В 2011-2014 гг. обучался в очной аспирантуре при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН) по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика». Работает ведущим инженером лаборатории тектонофизики ФГБУН Института земной коры СО РАН.

Диссертация выполнена в ФГБУН Института земной коры СО РАН.

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук Семинский Константин Жанович, заведующий лабораторией тектонофизики ФГБУН Института земной коры СО РАН.

Официальные оппоненты:

1) Новиков Игорь Станиславович – доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск);

2) Кузьмин Сергей Борисович – доктор географических наук, ведущий научный сотрудник (ФГБУН Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Москва) в своем положительном отзыве, составленном кандидатом геолого-минералогических наук, ведущим научным сотрудником кафедры динамической геологии Геологического факультета Фроловой Н.С., доктором геолого-минералогических наук, заместителем заведующего кафедрой динамической геологии Геологического факультета Захаровым В.С. и доктором геолого-минералогических наук, и.о. декана Геологического факультета Ереминым Н.Н., указала, что новизна диссертации состоит в следующем:

- использован комплексный подход к изучению разломных зон с привлечением моделирования и использованием количественного метода изучения рельефа;
- получены новые данные, касающиеся различных аспектов строения и формирования ряда конкретных разломов в природе;
- исследования автора позволили расширить теоретические представления о развитии рельефа разломных зон.

Диссертация Черемных Алексея Сергеевича отвечает всем требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика».

Соискатель имеет 17 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях списка ВАК опубликовано 7 работ.

В опубликованных работах изложены основные положения диссертационной работы.

Наиболее значимые по теме диссертации работы:

1. **Черемных А.С.** Морфоструктурные и тектонофизические особенности разломных зон, формирующихся в обстановке сдвига и растяжения (результаты физического моделирования) // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 9. С.1730-1744.

2. **Черемных А.С.** Сдвиговая разломная зона в рельефе: анализ цифровых моделей экспериментальных и природных объектов // Вестник ИрГТУ. 2014. №2 (85). С. 92-103.

3. **Черемных А.С.,** Каримова А.А. Особенности проявления разноранговых зон растяжения в рельефе экспериментальных моделей и их природных аналогов // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2018. Т. 41, № 1. С. 79-98.

4. Черемных А.В., **Черемных А.С.,** Бобров А.А. Морфоструктурные и структурно-парагенетические особенности разломных зон Прибайкалья (на примере Бугульдейского дизъюнктивного узла) // Геология и геофизика. 2018. Т. 59, № 9. С. 1372-1383.

5. Борняков С. А., Семинский К. Ж., Буддо В. Ю., Мирошниченко А. И., Черемных А. В., **Черемных А. С.,** Тарасова А. А. Основные закономерности разломообразования в литосфере и их прикладные следствия (по результатам физического моделирования) // Геодинамика и тектонофизика. 2015. № 5(4). С. 823-861.

6. Черемных А.В., Бобров А.А., **Черемных А.С.,** Зарипов Р.М., Семинский А.К. // Джида-Удинский разлом (Байкальский регион): специфика внутренней структуры // Известия Иркутского государственного университета. 2014. Т. 8. С. 145-159.

7. Семинский К.Ж., Кожевников Н.О., Черемных А.В., Поспеева Е.В., Бобров А.А., Оленченко В.В., Тугарина М.А., Потапов В.В., Зарипов Р.М., **Черемных А.С.** Межблоковые зоны в земной коре юга Восточной Сибири: тектонофизическая интерпретация геолого-геофизических данных // Геодинамика и тектонофизика. 2013. № 4(3). С. 203-278.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1. Етирмишли Г.Д., чл.-корр., д.г.-м.н., профессора, генерального директора Республиканского Центра сейсмологической службы при Академии наук Азербайджана (г. Баку).
2. Горбуновой Э.М.,

к.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника Института динамики геосфер РАН (г. Москва). 3. Вольфмана Ю.М., д.г.-м.н., директора Института сейсмологии и геодинамики ФГБОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (г. Симферополь). 4. Тверитиновой Т.Ю., к.г.-м.н., доцента кафедры региональной геологии и истории Земли ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» (г. Москва). 5. Королькова А.Т., д.г.-м.н., профессора кафедры динамической геологии ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» (г. Иркутск). 6. Ребецкого Ю.Л., д.ф.-м.н., заведующего лабораторией фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики Института физики Земли РАН (г. Москва). 7. Грохольского А.Л. и Дубинина Е.П., к.г.н., ведущего научного сотрудника и д.г.-м.н., заведующего сектора(ом) геодинамики Музея землеведения ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» (г. Москва).

Все отзывы положительные.

В отзывах содержатся критические замечания и пожелания:

1) в главе 1 автореферата не приведено определение «экспериментального аналога разломной зоны» и краткой информации по отличию, недостаткам или преимуществу существующих лабораторных установок, применяемых для физического моделирования, от использованной автором. 2) в главе 2 также отсутствует краткая информация по одному из основных объектов исследования – особенностям и характеристике используемой физической модели, приведена только фраза о воспроизведении разноранговых сдвиговых и сбросовых зон при моделировании, но каким образом? Или название главы 2 должно было быть более конкретизировано, например, и «...другие природные объекты». Следует отметить, что на 8 рисунках из 11, представленных в автореферате, приведены результаты моделирования. 3) не совсем понятен рис. 5, что подразумевается под «максимальной высотой рельефа» при одинаковых значениях вязкости пасты, скорости деформирования и «средний градиент», в тексте автореферата нет пояснений, поэтому очень странно выглядит линия тренда между 3-6 точками. 4) на рис. 11А «не видны» уступы, обозначенные красной линией (2), не выделен участок «м. Улирба» по аналогии с приведенным выше на рис.10Г участком «Сдвиг-2». 5) В процессе анализа реальных разрывов автором рассматривались только не несущие следов смещений на стенках разрывов – зеркала скольжения. В то же время зеркала скольжения являются прямыми индикаторами смещений по разрывам, однозначно указывая направление движения горных массивов. 6) Учитывая высокий уровень сейсмичности Байкальского региона, значительным подспорьем автору могли послужить фокальные механизмы очагов землетрясений, характеризующие кинематические обстановки современного – сейсмогенного – разрывообразования. 7) Формулировка природных объектов как аналогов моделей. Вероятно, не природные объекты являются аналогами моделей, а модели – аналогами природных объектов. 8) В основной части работы недостаточно подробно описаны используемые условия проведения физических экспериментов – соответствие параметров модели и параметров природных объектов, хотя в заключении об этом есть вывод. 9) Для изучения рельефа при сбросовых перемещениях были использованы разломы центральной части Байкальской рифтовой системы, а для изучения рельефа сдвиговых перемещений привлекались данные по разломам других районов (Сан-Андреас и др.), но почему-то игнорировались сдвиговые юго-

восточные и северо-западные фрагменты Байкальской рифтовой системы. 10) Использованный автором градиент рельефа является важным и эффективным показателем при построении цифровой модели рельефа, но в тексте автореферата отсутствует четкое толкование данного понятия. 11) В работе используется общий парагенезис разрывов 2-го порядка при формировании сдвигов (рис. 2, А), но не указывается источник, из которого был взят и авторы классификации разломов (P, R, R' и другие). 12) Как следует из цифровой модели сдвига, дуплексы сжатия представлены повышенными участками градиента, а впадины градиента рельефа чем являются? Хотелось бы иметь увеличенное кинематическое объяснение различных дуплексов в понимании автора. 13) Автор в результате эксперимента установил, что при формировании сбросов «...меньшие значения наблюдаются в сбросовой зоне, располагающейся над активным штампом экспериментальной установки. В применении к Байкальскому рифту это позволяет предполагать более интенсивное перемещение его юго-восточного борта относительно северо-западного». Хотелось бы понять, что происходит на сдвиговых фрагментах Байкальской рифтовой системы? 14) Первое замечание относительно роли R-сдвигов связано с отсутствием в обзоре анализа результатов ключевых исследований. В работах С.А. Борнякова [1981] на влажных глинах подтверждён факт наличия небольшого наклона плоскости R-сколов в направлении против смещения подложек, наблюдающийся ранее в экспериментах Парфенова и Жуковского [1966]. В работе Борнякова показано, что эти сколы помимо сдвиговой имеют и вертикальную компоненту смещений (пропеллеровидность R сколов). О сложности поверхности R сколов говорят результаты математического моделирования [Ребецкий, 1987, 1988; см также работы Стефанова] и тектонофизического анализа генезиса разрывов в зонах сдвига [Ребецкий, Михайлова, 2011, 2014], а также результаты полевых наблюдений [Sylvester, 1988]. 15) Понижение влажности глин, сопровождающееся повышением их вязкости, приводит к повышению коэффициента дилатансии. В зоне необратимой сдвиговой деформации пропорционально возрастает и неупругое увеличение объема, что приводит к появлению поднятий. В экспериментах Михайловой на бентонитовых глинах с высокой влажностью, не наблюдалось выпучивание осевой зоны сдвига. Здесь имело место небольшое прогибание поверхности. Глины, используемые в лаборатории ИЗК СО РАН, вероятно, при такой же влажности обладают более высоким коэффициентом дилатансии. Отсюда и разный эффект в форме рельефа поверхности моделей. 16) Байкальский рифт является континентальным пулл-апартом регионального масштаба. Было бы к месту рассмотрение сдвиговых разломных зон в областях их сочленения с Байкальской рифтовой зоной на северо-востоке и юго-западе, которые достаточно хорошо изучены. 17) В главе 3 говорится о подобии модели и оригинала, но сам критерий не приводился. Несмотря на то, что представленный тип моделирования имеет многолетнюю историю и описан во многих научных публикациях, вопрос подобия с количественными параметрами модели и прототипа необходимо было отметить в автореферате. 18) В главах 4, 5 и 6 много повторов. Глава 4 посвящена проведенному автором физическому моделированию и его результатам. В главе 5 приведен анализ соответствующих природных разломных зон. Логично было бы здесь сопоставить общие закономерности развития рельефа разломных зон по результатам проведенных экспериментов и соответствующих природных объектов, которые описаны в главе 6. То же самое можно сказать о пунктах 3 и 5 задач исследования, которые можно было объединить в одном пункте. 19) Если методика анализа тектонического

рельефа разломных зон действительно разработана автором, то почему об этом не сказано в разделе научная новизна. 20) Некоторые условные обозначения на рисунках плохо читаются. Объем автореферата позволяет их представить в более крупном масштабе.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией специалистов в области геотектоники и геоморфологии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: *предложен* комплексный методический подход, применение которого позволяет определить внутреннее строение разломной зоны сдвига или сброса на основе анализа рельефа;

разработана техника проведения физического эксперимента, направленного на анализ формирующегося в процессе разрывообразования рельефа;

изучены возможности применения подхода на различных участках Байкальской рифтовой зоны и других территорий;

выявлены общие закономерности отражения внутренней структуры сдвиговой и сбросовой зоны в рельефе.

Практическая и теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

полученные новые закономерности проявления внутренней структуры сдвиговых и сбросовых зон в рельефе способствуют более глубокому пониманию деформационного процесса; на новом уровне детализации показана зависимость формирования рельефа в разломной зоне за счет перемещений по оставляющим ее структуру разнотипным разломам; отмечена зависимость форм рельефа от пространственной и временной неравномерности формирования разломной зоны.

Использованный в ходе исследования тектонофизический подход может в дальнейшем применяться при решении ряда фундаментальных вопросов разломообразования в земной коре, особенно при картировании границ разломных зон и выделении характерных особенностей их внутреннего строения. С практической точки зрения полученные результаты полезны при выборе мест мониторинга опасных геологических процессов эндогенной природы, поиске месторождений полезных ископаемых, инженерно-геологических изысканиях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

при проведении работ использовался комплексный – тектонофизический подход; основным методом в использованном подходе являлось физическое моделирование на упруго-пластичном материале, где степень достоверности фактического материала обеспечивалась многократным проведением опытов с соблюдением критериев подобия и граничных условий эксперимента; полученные в ходе моделирования закономерности проверялись на разноранговых природных объектах; при анализе природных разломных зон использовались данные о их внутреннем строении, полученные из литературных источников и совместных с коллегами полевых геолого-структурных и геофизических наблюдений;

теоретические положения диссертационного исследования основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин – геотектоники, тектонофизики и геоморфологии;

идея базируется на исследовании экспериментальным путем образования рельефа в разломной зоне за счет перемещений по разнотипным разломам внутри зоны без учета влияния экзогенных процессов, а также дальнейшей проверке установленных при моделировании закономерностей на аналогичных природных объектах;

использованы данные, полученные соискателем за время работы в Институте земной коры СО РАН;

установлено, что цель и выводы диссертационного исследования согласуются с основным содержанием работы и современными идеями по изучаемой проблеме; исследование опирается на обширный массив материалов из отечественной и зарубежной литературы;

Личный вклад соискателя состоит в следующем. Соискателем проведено физическое моделирование при различных граничных условиях опытов, разработана методика съемки рельефа поверхности экспериментального образца. Полученные материалы сравнивались с природными зонами разломов различного размера и ранга. Данные о рельефе природных зон соискатель получал из общедоступных данных дистанционного зондирования Земли или собственных полевых измерений. В итоге автором собран обширный разносторонний материал и выполнен его анализ. Основные выводы и положения диссертации были продемонстрированы в докладах и выступлениях на научных российских и зарубежных конференциях, а также опубликованы в российских научных журналах, входящих в перечень ВАК.

На заседании 28 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Черемных Алексею Сергеевичу ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика» 8 докторов наук из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета,
член-корреспондент РАН



Гладкочуб Д.П.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат физико-математических наук

Добрынина А.А.

28 сентября 2022 г.