



УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБУН ИЗК СО РАН
Член-корр. РАН, д.г.-м.н.


Д.П. Gladkhub
«27» мая 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института земной коры
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИЗК СО РАН)

Диссертация «**Морфоструктурные особенности сдвиговых и сбросовых разломных зон: тектонофизический анализ**» выполнена в лаборатории тектонофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН).

В период подготовки диссертации Черемных Алексей Сергеевич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН) в должности старшего лаборанта (с 06.2007 по 09.2014 г.), младшего научного сотрудника (с 09.2014 по 05.2015 г.), ведущего инженера (с 05.2015 г. по настоящее время) лаборатории тектонофизики ИЗК СО РАН.

В 2011 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный технический университет» с присуждением квалификации «Инженер» по специальности «Информационные системы и технологии».

В 2014 г. окончил очную аспирантуру при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН) по специальности 25.00.03 – «геотектоника и геодинамика».

Документы о сдаче кандидатских экзаменов выданы Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Иркутским научным центром Сибирского отделения Российской академии наук (ИНЦ СО РАН) по предметам «история и философия науки» в 2012 г., «английский язык» в 2013 г. и Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН) по предмету «геотектоника и геодинамика» в 2013 г.

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук Семинский Константин Жанович – работает в должности заведующего лаборатории тектонофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН).

Материалы диссертации представлены соискателем на Секции геофизики и современной геодинамики Ученого совета ИЗК СО РАН.

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

- члены Секции геофизики и современной геодинамики: *доктора геол.-мин. наук:* А.В. Аржанникова, В.И. Джурик, О.В. Лунина, В.И. Мельникова, В.В. Мордвинова, А.В. Поспеев, К.Ж. Семинский; *кандидаты геол.-мин. наук:* С.Г. Аржанников, С.А. Борняков, Е.В. Брыжак, И.В. Буддо, А.В. Лухнев, А.И. Мирошниченко, Н.А.

Радзиминович, В.А. Саньков, О.П. Смекалин, А.В. Черемных, В.В. Чечельницкий; кандидат физ.-мат. наук А.А. Добрынина.

- приглашенные сотрудники ИЗК СО РАН: кандидаты геол.-мин. наук: С.В. Ашурков, Ю.П. Бурзунова, А.А. Бобров.

Заслушали: доклад А.С. Черемных «Морфоструктурные особенности сдвиговых и сбросовых разломных зон: тектонофизический анализ» по теме диссертации.

Вопросы задавали (всего – 21 вопрос): д.г.-м.н. А.В. Аржанникова, к.г.-м.н. С.Г. Аржанников, к.г.-м.н. В.В. Чечельницкий, к.г.-м.н. Н.А. Радзиминович, к.г.-м.н. В.А. Саньков.

Был заслушан:

- отзыв научного руководителя доктора геол.-мин. наук К.Ж. Семинского.

Были заслушаны следующие сопровождающие документы:

- выписка из протокола семинара лаборатории тектонофизики ИЗК СО РАН от 28 апреля 2022 г.

Был заслушан отзыв специалиста, ознакомившегося с работой до заседания:

- отзыв доктора геол.-мин. наук, в.н.с. Института геологии и минералогии И.С. Новикова.

Выступления специалистов, ознакомившихся с работой до заседания:

- д.г.-м.н. А.В. Аржанникова (ИЗК СО РАН);

- к.г.-м.н. С.А. Борняков (ИЗК СО РАН).

В обсуждении приняли участие: к.г.-м.н. С.Г. Аржанников, д.г.-м.н. А.В. Поспеев, д.г.-м.н. А.В. Аржанникова, к.г.-м.н. В.В. Чечельницкий, к.г.-м.н. В.А. Саньков.

Замечания, высказанные при обсуждении, не носят принципиального характера. Они касаются формы представления результатов и не требуют существенной переработки представляемой диссертационной работы.

Объектом исследования был рельеф разноранговых сдвиговых и сбросовых разломных зон, изучаемый в экспериментальных моделях при физическом моделировании и в природных условиях тектонически активных регионов. Предметом исследования являлись закономерности строения рельефа сдвиговых и сбросовых зон, обусловленные формированием их внутренней структуры.

Актуальность темы исследования

В рамках тектонофизического подхода термин «разломная зона» трактуется широко, поскольку кроме сравнительно узкой полосы проявления магистрального сместителя и разрывов оперения, она включает существенно большие по размерам объемы горных пород, в которых имели место связанные с ее формированием пластические и разрывные деформации. Внутреннее строение и формирование разломной зоны характеризуются пространственно-временной неравномерностью. Ее конкретным выражением является стадийное развитие и наличие парагенезиса разрывов, формирующих участки специфического строения, называемые дуплексами, пулл-апарт, пуш-ап и т.п. В зависимости от структурной организации подобных тектонических форм, определяющейся механизмом и историей формирования дизъюнктивной зоны, последняя будет характеризоваться существенно разным морфоструктурным выражением на местности, топокартах, аэро- и космоснимках.

Во многих регионах проведены исследования, посвященные изучению тектонического рельефа и, в частности, проявлению отдельных сместителей в рельефе. Для юга Восточной Сибири результаты подобных работ представлены в публикациях ряда известных специалистов [Флоренсов, 1960; Леви, 1980; 1981; 1984; Уфимцев, 1984; 1992; 2009; Аржанникова, Аржанников, 2005; Уфимцев и др. 2006; 2009; Аржанникова, 2000; 2011; Кузьмин, 1991; 1995; Бызов, Саньков, 2015; Щетников, 2016а; 2016б и др.]. Данное

исследование ориентировано не только на выявление сместителей и картирование границ разломных зон по геоморфологическим признакам, но и, главным образом, – на установление общих закономерностей отражения элементов их внутренней структуры в рельефе.

Изучение общих закономерностей формирования тектонического рельефа в пределах природных разломных зон осложнено его длительностью (особенно для протяженных структур), а также влиянием экзогенных процессов. Применение полевых морфотектонических методов по отношению к крупным зонам также затруднено в связи с невозможностью равноценного исследования значительных по площади природных территорий. Эффективным методом изучения деформаций земной коры в данном случае является физическое моделирование, которое позволяет, используя критерии подобия, за десятки минут – первые часы проследить изменения на модели, которые происходили в земной коре в течение миллионов лет. Его комбинирование с результатами последующего анализа природных аналогов позволяет получить новые данные о развитии тектонического рельефа разломных зон, что необходимо при анализе серии актуальных геодинамических проблем, а также при решении ряда прикладных задач нефтегазовой и инженерной геологии.

Цель работы – установить на базе тектонофизического подхода закономерности строения рельефа, которые обусловлены динамикой разрывообразования в разломных зонах, отличающихся масштабным рангом и морфогенетическим типом (сдвиги и сбросы).

Основные задачи исследований

1. Отработать методику физического эксперимента для получения цифровых моделей рельефа (ЦМР) разломных зон.
2. Разработать способы анализа экспериментальных и природных ЦМР разломных зон, которые позволяли бы проводить их качественное и количественное сопоставление.
3. Изучить проявление в рельефе главных особенностей внутреннего строения экспериментальных сдвиговых и сбросовых зон, а также их природных аналогов в пределах юга Восточной Сибири и некоторых других регионов.
4. Исследовать влияние на формирование рельефа разломной зоны граничных условий эксперимента: вязкости модельного материала, толщины модели и скорости деформирования.
5. Установить общие закономерности проявления в рельефе внутренней структуры разломов на основе сопоставления результатов изучения разрывных зон, воспроизведенных в лабораторном эксперименте, и их природных аналогов.

Методы исследования и фактический материал

В основе исследования лежит комплексный – тектонофизический – подход, включающий моделирование разломных зон, анализ их разноранговых природных аналогов, а также сравнение получаемых данных с применением количественных методов. Фактический материал включает морфометрические, геолого-структурные и геофизические данные, собранные и обработанные за время обучения в аспирантуре и дальнейшей работы автора в Институте земной коры СО РАН. Прежде всего, это материалы, полученные в ходе проведения и интерпретации экспериментов по формированию разломных зон, а также вследствие анализа данных космических съемок рельефа. Часть материала была собрана в ходе экспедиционных работ 2011–2020 гг., проведенных в составе полевых отрядов лаборатории тектонофизики ИЗК СО РАН в пределах различных участков юга Восточной Сибири.

Личный вклад автора

Автор принимал непосредственное участие на всех этапах исследований: при постановке задач, проведении лабораторных экспериментов и полевых измерений, лично выполнял анализ и интерпретацию полевых, дистанционных и экспериментальных данных о строении рельефа разломных зон.

Научная новизна исследования

В настоящей работе проведен анализ рельефа разломных зон лабораторных моделей и их природных аналогов: выявлены общие закономерности отражения внутренней структуры сдвиговой и сбросовой зон в рельефе, исследованы главные параметры, влияющие на его формирование. Установлено влияние стадийности развития сдвиговой зоны на формирующийся рельеф. Показано, какие элементы внутренней структуры оказывают наибольшее влияние на образование рельефа, а какие носят второстепенный характер.

Теоретическая и практическая значимость

Методика анализа тектонического рельефа, разработанная автором, может в дальнейшем применяться при решении некоторых фундаментальных вопросов разломообразования в земной коре. Выявленные закономерности отражения в рельефе границ и структуры разломной зоны являются важной составляющей изучения зонно-блокового строения любых природных регионов. Выделение характерных особенностей внутренней структуры разломных зон на основе анализа высотных отметок рельефа может быть использовано на начальных стадиях поисков месторождений полезных ископаемых, контролируемых разломами, а также при выборе мест мониторинга опасных процессов эндогенной природы. Установленные закономерности будут полезны при инженерно-геологических изысканиях под строительство зданий и сооружений в тектонически активных районах.

Степень достоверности и апробация результатов

Степень достоверности материалов исследования обеспечивается проведением нескольких серий физических экспериментов с соблюдением критериев подобия. Выделенные при моделировании закономерности проверялись на разноранговых природных объектах, расположенных в тектонически активных регионах.

Результаты проведенных исследований докладывались и обсуждались на Всероссийском совещании «Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе» (г. Иркутск, ИЗК СО РАН, 23-29 сентября 2012г.); XXV Всероссийской молодежной конференции «Строение литосферы и геодинамика» (г. Иркутск, ИЗК СО РАН, 23-28 апреля 2013г.); Втором Всероссийском симпозиуме с международным участием и молодежной научной школе, посвященных памяти акад. Н.А. Логачева и Е.Е. Милановского «Континентальный рифтогенез, сопутствующие процессы» (г. Иркутск, ИЗК СО РАН, 20-23 августа 2013г.); Всероссийской конференции «Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: VIII Косыгинских чтениях (г. Хабаровск, Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, 17-20 сентября 2013г.); Всероссийском совещании «Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: тектонофизический анализ» (г. Иркутск, ИЗК СО РАН, 11-16 августа 2014г.); Всероссийском совещании «Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе» (г. Иркутск, ИЗК СО РАН, 19-23 сентября 2016г.); Четвертой тектонофизической конференции в ИФЗ РАН «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле» (г. Москва, ИФЗ РАН, 3-8 октября 2016 г.); Шестой молодежной тектонофизической школе-семинаре «Современная тектонофизика. Методы и результаты» (г. Москва, ИФЗ РАН, 7-11 октября 2019 г.).

Автором самостоятельно и в соавторстве опубликовано 17 работ по теме диссертации, в том числе 7 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных перечнем ВАК Минобрнауки РФ.

Основные публикации по теме диссертации:

Статьи в изданиях, включенных в «Перечень...» ВАК Минобрнауки России

1. 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.** Разломные зоны в земной коре юга Восточной Сибири: тектонофизическая интерпретация геолого-геофизических данных // Геодинамика и тектонофизика. – 2013. – Т. 4(3). – С. 203–278.
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.В., Бобров А.А., **Черемных А.С.**, Зарипов Р.М., Семинский А.К. // Джидино-Удинский разлом (Байкальский регион): специфика внутренней структуры // Известия Иркутского государственного университета. – 2014. – Т. 8. – С. 145–159.
4. 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. – 2014. – Т. 5(4). – С. 823–861.
5. **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.
6. 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.
7. **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.

Материалы и тезисы докладов научных конференций

1. **Черемных А.С.** Особенности распределения градиента скорости изменений наклонов рельефа в сдвиговой зоне: результаты физического эксперимента // Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе: Материалы Всероссийского совещания и молодежной школы по современной геодинамике (г. Иркутск, 23–29 сентября 2012 г.). – В 2-х т. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2012. – Т. 1. – С. 205–208.
2. **Черемных А.С.** Особенности построения и анализа цифровых моделей рельефа сдвиговой разломной зоны на основе данных физического эксперимента // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXV Всероссийской молодежной конференции (г. Иркутск, 23–28 апреля 2013 г.). – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2013. – С. 106–108.
3. Черемных А.В., Бобров А.А., **Черемных А.С.**, Зарипов Р.М., Семинский А.К. Джидино-Удинская разломная зона (Байкальский регион): внутренняя структура и газовые эманации // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: VIII Косыгинские чтения: Материалы Всероссийской конференции (г. Хабаровск, 17–20 сентября 2013 г.). – Владивосток: Дальнаука, 2013. – С. 206–209.
4. 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.**

- Байкальский рифт в зонно-блоковой структуре литосферы Центральной Азии // Континентальный рифтогенез, сопутствующие процессы: Материалы Второго Всероссийского симпозиума с международным участием и молодежной научной школы, посвященных памяти акад. Н.А. Логачева и Е.Е. Милановского. В 2-х томах. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2013. – Т. 2. – С. 64–69.
5. **Черемных А.С.** Влияние толщины экспериментальной модели на формирование рельефа в сдвиговой зоне: результаты физического моделирования // Тезисы докладов Всероссийского совещания с участием приглашенных исследователей из других стран «Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: Тектонофизический анализ» (Иркутск, 11–16 августа 2014г.). – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2014. – С. 97.
 6. **Черемных А.С.** Закономерности проявления структуры зоны растяжения в рельефе: результаты физического моделирования // Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе: Материалы III Всероссийского совещания и II Всероссийской молодежной школы по современной геодинамике (г. Иркутск, 19–23 сентября 2016 г.). – Иркутск: ИЗК СО РАН. – С. 127–129.
 7. **Черемных А.С.** Отражение стадийности формирования разломной зоны в ее рельефе и нарушенности вмещающего субстрата: результаты физического моделирования // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Материалы IV Тектонофизической конференции (г. Москва, 3–8 октября 2016 г.). – Москва: ИФЗ РАН. – Т. 1. – С. 595–600.
 8. Черемных А.В., **Черемных А.С.** Разломно-блоковая структура, линеаменты и тектонические напряжения верхней коры Прибайкалья в районе Бугульдейского дизъюнктивного узла // Евразия в кайнозой. Стратиграфия, палеоэкология, культуры. – 2017. – Вып. 6.
 9. Черемных А.В., **Черемных А.С.** Отражение тектонических напряжений в линейных структурах рельефа Прибайкалья // Физика геосфер: Материалы докладов X Всероссийского симпозиума (г. Владивосток, 23–29 октября 2017 г.). – Владивосток: ТОИ ДВО РАН. – 2017. – С. 257–260.
 10. **Черемных А.С.** Проявление стадийного развития разломной зоны в распределении плотности трещин (результаты физического моделирования) // Современная тектонофизика. Методы и результаты: Материалы шестой молодежной тектонофизической школы-семинара (г. Москва, 7–12 октября 2019 г.). – Москва: ИФЗ РАН, 2019. – С. 258–260.

Все вышеизложенное позволяет утверждать, что диссертационная работа А.С. Черемных соответствует паспорту специальности:

Согласно паспорту научной специальности **25.00.03 «Геотектоника и геодинамика»**, работа соответствует пунктам № 1, № 3, № 5, № 8 и № 10.

Пункт № 1: Структурный анализ (включая микроструктурный и петроструктурный) – изучение форм залегания горных пород, обусловленных их пластичными или разрывными деформациями.

Пункт № 3: Изучение вертикальных и горизонтальных тектонических движений: как современных (инструментальными методами), так и древних (геологическими и палеомагнитными методами).

Пункт № 5: Неотектоника, изучающая тектонические явления новейшего этапа развития литосферы и использующая для этого свои специфические методы исследования.

Пункт № 8: Экспериментальная тектоника (тектонофизика), включающая физическое и компьютерное моделирование условий формирования тектонических структур и их сочетаний.

Пункт № 10: Составление тектонических карт: общих и специальных, в том числе с использованием аэрофотоматериалов и космических съемок. Составление палеотектонических карт.

При экспертизе текста диссертации, публикаций, а также результатов проверки текста системой «Антиплагиат» установлено, что оригинальных блоков в диссертации – 78,56%, заимствованных источников в диссертации – 21,44%:

- соискателем сделаны ссылки на все источники заимствования материалов, фактов некорректного цитирования или заимствования без ссылки на соавторов в тексте диссертации и автореферате не обнаружено;
- сведения, представленные соискателем, об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны;
- в тексте диссертации соискателем отмечено, какие результаты получены им лично, а какие – в соавторстве.

Тема диссертации утверждена на заседании ученого совета ИЗК СО РАН 05.05.2022 г., протокол № 4.

Работа **ЧЕРЕМНЫХ** Алексея Сергеевича «**Морфоструктурные особенности сдвиговых и сбросовых разломных зон: тектонофизический анализ**» является законченным исследованием, имеет научную и прикладную значимость и рекомендуется после внесения исправлений, касающихся формы подачи материалов, к представлению в диссертационный совет ИЗК СО РАН Д.003.022.03 для защиты на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – Геотектоника и геодинамика.

Заключение принято на заседании Секции геофизики и современной геодинамики Ученого совета ИЗК СО РАН.

Присутствовало на заседании 22 человека, из них 19 членов Секции геофизики и современной геодинамики Ученого совета ИЗК СО РАН, зам. председателя – к.г.-м.н. Саньков В.А., секретарь – к.г.-м.н. Брыжак Е.В.

Результаты открытого голосования Секции геофизики и современной геодинамики Ученого совета ИЗК СО РАН по вопросу о принятии заключения по диссертации А.С. Черемных: за – 19, против – нет, воздержалось – нет.

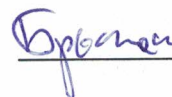
Протокол №15 от 27 мая 2022 г.

Зам. председателя Секции геофизики и современной геодинамики Ученого совета ИЗК СО РАН,
к.г.-м.н.



В.А. Саньков

Секретарь Секции геофизики и современной геодинамики Ученого совета ИЗК СО РАН,
к.г.-м.н.



Е.В. Брыжак