

## «УТВЕРЖДАЮ»

Проректор – начальник Управления научной политики  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова»

доктор физ.-мат. наук, профессор  
Федянин Андрей Анатольевич



09.09. 2022 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» на диссертацию Черемныха Алексея Сергеевича «Морфоструктурные особенности сдвиговых и сбросовых разломных зон: тектонофизический анализ» представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 - Геотектоника и геодинамика.

Изучение разломов земной коры всегда представляло особый интерес для геологов разных специальностей как с теоретической, так и с практической точки зрения. Разломы, формирующиеся в разных обстановках, давно и успешно моделируются, однако изучению рельефа моделей до сих пор уделяется недостаточно внимания. Между тем сопоставление таких моделей с природными зонами разломов может дать ценную информацию для понимания обстановки и механизма формирования выраженных в рельефе структур, возможности поиска таких полезных ископаемых как углеводороды. Таким образом, работа А.С. Черемныха является весьма **актуальной**. Ее основной **целью** являлось «установить на базе тектонофизического подхода закономерности строения рельефа, которые обусловлены динамикой разрывообразования в разломных зонах, отличающихся масштабным рангом и морфогенетическим типом (сдвиги и сбросы)». Чтобы достичь заявленной цели автору необходимо было прежде всего разработать способы анализа экспериментальных и природных цифровых моделей рельефа разломных зон, которые позволяли бы проводить их качественное и количественное сопоставление. Автор успешно справился с этой задачей, предложив метод анализа цифровых моделей рельефа посредством построения его градиента. С помощью данного метода А.С. Черемных обработал, проанализировал и сравнил самостоятельно полученные экспериментальные модели зон сдвига и растяжения с целым рядом природных разломных зон.

**Новизна** данной работы заключается в комплексном подходе к изучению разломных зон с привлечением моделирования и использованием количественного метода изучения

рельефа; используя такой подход, автор получил также новые данные, касающиеся различных аспектов строения и формирования ряда конкретных разломов в природе. Хочется подчеркнуть, что именно в таком аспекте разломными зонами никто не занимался и это действительно первая работа такого рода.

Исследования автора позволили расширить теоретические представления о развитии рельефа разломных зон, она также имеет и **практическую значимость**, так как выраженные в рельефе поднятия могут служить ловушками для углеводородов. С помощью предложенной методики анализа рельефа можно выявить такие черты разломных зон, которые надо учитывать для предупреждения опасных процессов и рисков при строительстве.

Диссертационная работа А.С. Черемныха состоит из введения, шести глав и заключения. Общий объем диссертации составляет 158 страниц, содержит 57 рисунков. Список литературы включает 202 наименования.

Во **введении** раскрывается научная новизна, актуальность и практическая значимость, формулируются цели и задачи диссертационной работы.

**Первая глава** посвящена современному состоянию проблемы изучения рельефа разломных зон. На основании литературных данных даются общие сведения о рельефе, его возрасте, факторах рельефообразования. Рассмотрено отражение в рельефе разрывных нарушений. Рассматривается формирование разломов с позиций тектонофизики. Описывается стадийность развития внутренней структуры разломных зон, элементы структурного парагенеза и их зональность, делается вывод о том, какие параметры могут влиять на рельеф разломной зоны. Значительная часть посвящена методам исследований закономерностей проявления разломов и разломных зон в рельефе. Рассмотрен целый комплекс самых разных методов от традиционных до современных. Особое внимание уделено методу физического моделирования, при этом подчеркивается, что анализу рельефа в моделях уделяется недостаточно внимания. В этой главе А.С. Черемных обосновывает необходимость *комплексного* подхода, «включающего моделирование разломных зон и анализ их разноранговых природных аналогов, а также сравнение получаемых данных с применением количественных методов».

Во **второй главе** рассмотрены «Байкальская рифтовая зона и другие объекты исследования». Наиболее подробная характеристика дана упомянутой зоне – приводится история ее формирования, современная геодинамика и рельеф. Кроме того, в том же ключе описаны еще две крупные сдвиговые зоны – Левантийская и Сан-Андреас. Перечислены сдвиговые и сбросовые зоны более высокого ранга, которые также являлись объектами исследования.

В **третьей главе** «Методы исследований» дается обоснование необходимости применения метода физического моделирования для решения поставленной задачи (выявление закономерностей формирования рельефа в «чистом виде»), описывается теория и техника моделирования зон простого неоднородного сдвига и зон локализованного растяжения. Методика проведения экспериментов хорошо разработана в Лаборатории тектонофизики ИЗК СЗ РАН, однако автору было необходимо описать рельеф, образовавшийся в экспериментах и дать такую его характеристику, которая позволила бы сравнивать его с рельефом, сформированным в схожих условиях в природе – для этого наилучшим образом подходят цифровые модели рельефа (ЦМР). За рубежом для этих целей

в лабораториях применяется лазерное сканирование рельефа. А.С. Черемных использовал лазерный дальномер, при этом предложив собственный метод измерений. Частично был использован также трехмерный сканер. Основной характеристикой рельефа автор предложил считать распределение его градиента, построенного на основе ЦМР. Такой подход для анализа экспериментальных моделей является новым и очень разумным. Он позволяет сравнивать модели с их природными аналогами. В последнем случае для создания ЦМР крупных разломных зон использовались результаты обработки радарных снимков, а для более мелких – результаты полевой съемки высот. Также, как и для моделей строились карты распределений градиента, но для анализа разломов А.С. Черемных привлекал также геолого-структурные (замеры трещиноватости пород) и геофизические (электротомография, измерение объемной активности радона) наблюдения, полученные им лично во время полевых работ, что добавляет доверия к его результатам.

Не вдаваясь в подробности, можно отметить, что методика исследований проработана и описана автором весьма детально, при этом предложены некоторые новые подходы, которые позволили в дальнейшем проводить анализ рельефа не только на качественном, но и на количественном уровне.

В четвертой главе рассмотрена «Связь рельефа и внутренней структуры разломных зон по данным экспериментальных исследований». В ней дана подробная характеристика развития структурного парагенеза зоны неоднородного сдвига и зоны локализованного растяжения с детальным описанием развития их рельефа. Выявленные на качественном уровне закономерности подтверждаются результатами анализа распределения высот и градиента рельефа. Построены розы-диаграмма простирания максимумов градиента рельефа. Рассмотрено также влияние ряда параметров моделей на выраженность рельефа. Сделаны выводы о связи морфоструктур с отдельными элементами ее внутреннего строения. Применение методов исследования, предложенных автором, позволило получить новые данные, которые можно сравнивать с природными зонами деструкции, рельеф которых обработан сходным образом.

Материалы этой главы позволили автору сформулировать все защищаемые положения.

В пятой главе показана «Связь рельефа и внутренней структуры разломных зон по данным анализа природных объектов». Для решения подобной задачи автор использовал закономерности, выявленные в результате физического моделирования и описанные в предыдущей главе. Установить связь, обозначенную в названии главы, очень трудно, поскольку крупные разломные зоны устроены гораздо сложнее, чем разломные зоны в простых моделях, небольшие же зоны разрывов, как отмечает автор, хуже проявлены в рельефе. Тем не менее А.С. Черемных сделал все возможное, чтобы такую связь установить. Для анализа природных разломных зон им были использованы все методы, изложенные в главе 3, причем они несколько различались для зон разного ранга. В результате А.С. Черемных сделал важные выводы, касающиеся границ зон, их внутреннего строения, кинематического типа и истории развития. К сожалению, выводы этой главы не вошли в защищаемые положения.

Глава шестая «Общие закономерности проявления разломных зон в рельефе» является итоговой. В ней обобщаются материалы и выводы двух предыдущих глав. А.С. Черемных справедливо подчеркивает эффективность исследования разломных зон

посредством изучения градиента рельефа и проводит анализ выраженности в рельефе деформационных структур как в моделях, так и в природе, показывает перемещения по каким разрывам более всего находит отражение в рельефе, делает вывод о подобии в целом природных и экспериментальных зон. В этой же главе приводятся материалы исследований Главного Саянского разлома и показывается, что применение представленного в работе методического подхода позволило выявить закономерности строения этой разломной зоны, бывшие ранее дискуссионными, и осуществить реконструкцию условий ее формирования.

В **заключении** суммируются основные результаты, полученные автором в ходе работы над диссертацией.

Следует подчеркнуть, что автором проделан огромный объем работы, как лабораторной, так и полевой. Приведенные в диссертации материалы изложены достаточно детально. Вместе с тем, работа не лишена некоторых недочетов и упущений.

#### **Замечания к главе 2.**

1. Автором в глобальном масштабе рассмотрены возможные *причины* формирования Байкальской рифтовой зоны. Но такие рассуждения здесь являются умозрительными и не имеют смысла в рамках данной работы.

2. А.С. Черемных дает чисто словесное описание структуры и рельефа Левантийского сдвига, однако без рисунка, иллюстрирующего эти слова, представить в своем воображении нужную картинку затруднительно, тем более сложно провести сравнение с известными моделями. Аналогичные замечания можно сделать и относительно разлома Сан-Андреас. Кроме того, «хорошее подобие» этой зоны экспериментальным моделям, как пишет автор, вовсе не очевидно. Например, сказано, что зона состоит из множества параллельных сместителей разломов, но в моделях такого нет.

#### **Замечания к главе 3.**

3. А.С. Черемных пишет, что «контроль вязкости глинистой пасты осуществляется путем расчета ее влажности», однако таблиц и ссылок на работы, в которых это *конкретно* показано, не приводится.

4. Автором слишком кратко приводятся условия моделирования зоны локального растяжения. Хотелось бы более подробного описания и рисунка.

#### **Замечания к главе 4.**

5. А.С. Черемных пишет, что эволюция структуры зоны сдвига *начинается* с образования эшелона присдвиговых складок (антиклиналей), выраженных в рельефе невысокими поднятиями вытянутой округлой формы. Далее речь идет о формировании при дальнейшей деформации присдвиговых поднятий, участков присдвигового сжатия (структур пуш-ап), дуплексов сжатия (это все одни и те же структуры). Однако ниже, на странице 76, автор опять пишет о *складках*, сформировавшихся на *поздней* дизъюнктивной стадии. Читатель, не видевший этих структур в экспериментах, может запутаться, о чем же все-таки идет речь.

Хотелось бы, чтобы автор привел в порядок терминологию. Кроме того, автор, пишет, что рельеф формируется, в частности, в результате перемещений по сколам Риделя  $R'$ , но в результате чего *конкретно* происходит формирование поднятий (лучше называть их *pop-up*) неясно, нет внятного описания механизма их формирования. То же относится к «впадинам и бассейнам присдвигового растяжения»

6. При описании рельефа сдвиговых зон очень не хватает хороших фотографий рельефа, на которых были бы видны все описанные структуры. Приведенные картинки или очень мелкие, или на них плохо видны детали, или все скрыто под густой сетью отдешифрованных разрывов

#### **Замечания к главе 5.**

7. Думается, что не стоит искать подобие структуры длительно развивающихся очень сложных сдвиговых зон глубокого заложения (разломные зоны главного ранга) и простых моделей сдвиговых зон Риделя, где деформации происходят всего лишь в «чехле» над «разломом фундамента». Однако некоторые общие черты и закономерности вполне могут иметь место.

8. Сравнение Левантийского сдвига и сдвига Сан Андреас с экспериментальными зонами сдвига производится на основании построения роз-диаграмм ориентировок максимума градиента рельефа. Такие направления должны примерно совпадать с наиболее выраженными разрывами сдвиговой зоны, что А.С. Черемных и отмечает: например, для сдвига Сан Андреас выражены направления, соответствующие магистральному сместителю и разрывам R- типа. Но далее автор пишет, что *также* отчетливо выражены направления, связанные с формированием участков сжатия и растяжения. Но *что это за направления?*

9. Для Левантийского сдвига и сдвига Сан Андреас приведены цифровые модели рельефа с сетью *линеаментов*. Но при анализе этих зон они никак не используются.

10. Многие рисунки в главе очень мелкие (например, на рис. 5.2, 5.5 невозможно составить представление о сети линеаментов).

11. Общее замечание к работе: защищаемые положения основаны только на одной части диссертации, а именно главе 4 (Связь рельефа и внутренней структуры разломных зон по данным экспериментальных исследований). Между тем данное исследование гораздо шире, оно имеет методическое значение, а также включает в себя региональные результаты.

Указанные недостатки не умаляют общей высокой оценки диссертации и не ставят под сомнение полученные автором результаты. А.С. Черемных проанализировал возможные методы изучения рельефа и предложил свой. Это изучение градиента рельефа, основанный на его цифровых моделях. Метод позволяет сравнивать структуры, формирующиеся в эксперименте и природные разломные зоны. Для получения базы для такого сравнения автор провел около сотни экспериментов и обработал их с помощью предложенной метода. Им также было изучен, обработан и проинтерпретирован рельеф двух десятков природных разломов и проведено сопоставление с рельефом, формирующимся в моделях. Весь материал отражен в работе в виде многочисленных иллюстраций.

Защищаемые положения автора являются вполне обоснованными, они опираются на большую экспериментальную базу и тщательную обработку полученного материала количественными методами.

Подводя итог, отметим, что автором диссертации выполнены комплексные исследования, в которых обнаружены закономерности формирования рельефа разломных зон в моделях. Это позволило интерпретировать ряд природных разломных зон с точки зрения происхождения сопровождающих его морфоструктур, кинематики разрывов и истории их развития. Полученные результаты способствуют пониманию различных аспектов формирования разломных зон, предложенная методика может дать ключ для интерпретации различных малоизученных или спорных с некоторых точек зрения разломов.

Диссертация А.С. Черемных представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Полученные результаты прошли апробацию на многочисленных научных конференциях и совещаниях. Текст диссертации написан хорошим языком, структура изложения логична. По теме диссертации опубликовано 7 работ в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ. Эти научные публикации в полной мере отражают содержание исследований, основные выводы и защищаемые положения диссертации. Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа А.С. Черемных соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842). Алексей Сергеевич Черемных заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 «Геотектоника и геодинамика».

Отзыв составлен 25 августа 2022 г. и утвержден на заседании кафедры динамической геологии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова 1 сентября 2022 года (Протокол № 4/2022).

Отзыв составил:

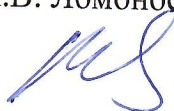


Фролова Наталья Сергеевна,  
кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник кафедры динамической геологии Геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Тел.: (495) 939 19 12

E-mail: [n.s.frolova@mail.ru](mailto:n.s.frolova@mail.ru)

Заместитель заведующего кафедрой динамической геологии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, доктор геолого-минералогических наук, профессор



Захаров Владимир Сергеевич

И.О. Декана Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, доктор химических наук, член-корреспондент РАН



Еремин Николай Николаевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

E-mail: [info@rector.msu.ru](mailto:info@rector.msu.ru)

Сайт: <http://www.msu.ru>