

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертацию Бызова Леонида Михайловича
«Позднекайнозойские вертикальные движения горного обрамления впадин
Байкальской рифтовой системы по данным численного моделирования»,
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических
наук по специальности 25.00.03 – Геотектоника и геодинамика

Математическое моделирование эволюции рельефа земной поверхности систематически используется в науках о Земле, прежде всего в геоморфологии, гидрологии и тектонике. Вместе с тем, компьютерное моделирование вертикальных движений горных обрамлений впадин рифтовых систем с целью определения количественных параметров тектонического поднятия ранее не проводилось. В этой связи диссертационная работа Л.М. Бызова является *актуальной*.

Представленная диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и трех приложений. Общий объем составляет 183 страницы, включая 52 рисунка и 7 таблиц. В списке литературы 186 наименований, из которых 113 – зарубежные работы.

В первой главе соискатель рассматривает строение и динамику приразломных блоковых структур горного обрамления впадин Байкальской рифтовой системы (БРС), в частности – дает общую характеристику ее строения и геодинамики; обсуждает различные аспекты формирования структур горного обрамления впадин; описывает морфологию и морфодинамику приразломных блоковых структур, которые называет сбросовыми эскарпментами; и проводит их классификацию. На ее основании автор делает *обоснованный* вывод, что оптимальными индикаторами позднекайнозойского поднятия в БРС являются крутые приразломные склоны с относительно монолитными треугольными фасетами без признаков формирования параллельных ступеней.

Во второй главе, после обзора существующих методов численного моделирования эволюции рельефа, соискатель подробно описывает прототип разрабатываемой им методики – известную модель CHILD (Channel-Hillslope Integrated Landscape Development) [Tucker, 2010]. Здесь необходимо заметить, что в основе моделирования эволюции рельефа земной поверхности – пространственно распределенного объекта – лежит теория и методы цифрового моделирования рельефа и геоморфометрии; исходными данными при проведении таких работ являются цифровые модели рельефа (ЦМР); промежуточные и финальные результаты моделирования включают в себя карты и трехмерные модели (блок-диаграммы), описывающие различные этапы эволюции рельефа. Поэтому соискателем был сделан *обоснованный* выбор метода исследования (математико-картографическое моделирование) и способа визуализации результатов с использованием инструментария геоинформатики.

Здесь же, во второй главе, диссертант описывает проведенную им глубокую модификацию модели CHILD, что обеспечило возможность реалистичной реконструкции сбросовой тектоники и *научно обоснованное* компьютерное моделирование вертикальных движений горного обрамления впадин рифтовых систем.

В третьей главе соискатель апробирует предлагаемую методику компьютерного анализа и численного моделирования эволюции горного обрамления впадин рифтовых систем на примере позднекайнозойских эскарпментов БРС. Вначале происходит тестирование методики на эталонном объекте эскарпмента, для которого известны эндогенные параметры – эскарпменте, расположенном на Баргузинском хребте, в обрамлении Улюнской впадины. По результатам этого эксперимента был сделан *обоснованный* вывод, что предлагаемая методика позволяет реконструировать позднекайнозойское развитие горного обрамления впадин БРС с учетом взаимосвязанных эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов.

Затем предлагаемая методика тестируется на одиннадцати репрезентативных

эскарпментах БРС, расположенных в различных ее частях и характеризующихся различной морфологией; при этом использовался набор экзогенных параметров, полученных для эталонного объекта. Эти эксперименты позволили оценить работоспособность предлагаемой методики и ее чувствительность к различиям моделируемых объектов.

В четвертой главе представлен скрупулезный анализ полученных результатов. В начале соискатель проводит анализ результатов численного моделирования и делает **обоснованный** вывод, что скорости позднекайнозойского поднятия горного обрамления впадин БРС варьируют от 0,3 до 0,5 мм/год, причем скорости поднятий северных и северо-западных бортов впадин выше, чем южных и юго-восточных. Затем диссертантом представлен сравнительный анализ результатов моделирования и оценок скорости вертикальных движений, полученных другими исследователями по другим методикам, что также позволяет оценить работоспособность предложенной методики.

Диссертационная работа Л.М. Бызова обладает серьезной научной **новизной**. Соискатель разработал методику компьютерного анализа и численного моделирования эволюции горного обрамления впадин рифтовых систем и успешно апробировал ее на примере БРС. Необходимо подчеркнуть, что подавляющее большинство работ по компьютерному моделированию эволюции рельефа проводится за рубежом. В России такие исследования практически не ведутся. Исключением является цикл работ соискателя и представленная диссертация.

Достоверность представленных в диссертации результатов обеспечена корректным использованием методов моделирования рельефа, численного моделирования и детальным анализом полученных результатов, в том числе – сравнительным анализом с независимыми данными других авторов.

Опубликованные работы соискателя выполнены в соавторстве с российскими и зарубежными коллегами, а также самостоятельно. Основными из этих публикаций являются 7 статей в рекомендованных ВАК журналах «Доклады Академии наук», «Геология и геофизика», «Физика Земли», «Tectonics» и др. Эти статьи в достаточной степени отражают основные результаты представленной работы, а указанные журналы по своему уровню соответствуют опубликованию материалов кандидатского диссертационного исследования.

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям, результатам, выводам и рекомендациям, содержащимся в диссертации.

Вместе с тем, по представленной работе имеются **замечания**:

1. Во введении диссертации (с. 3–8) и автореферата (с. 3–5) соискатель выбрал странную последовательность разделов. Вместо того чтобы начать введение с раздела «Актуальность темы исследования», первым стоит раздел «Объект и предмет исследования». Отсутствует раздел «Степень разработанности проблемы». Разделы «Методы исследования» и «Личный вклад автора» поставлены перед разделом «Научная новизна». В результате во введении частично нарушена логика изложения материала.

2. Первым пунктом научной новизны исследования (с. 4) автор указал следующее: «*Был разработан новый инструментальный подход к количественному анализу позднекайнозойского развития горного обрамления впадин Байкальской рифтовой системы.*» Во-первых, инструментальным этот подход называть нельзя. Это подход (или методика) компьютерного анализа и численного моделирования. Во-вторых, разработанный подход не специфичен для горного обрамления впадин БРС. Он может применяться для изучения горного обрамления впадин других рифтовых систем.

3. В списке защищаемых положений (с. 6–7) отсутствует главный результат этого диссертационного исследования: разработанная методика компьютерного анализа и численного моделирования развития горного обрамления впадин рифтовых систем.

4. В разделе «Соответствие паспорту специальности» (с. 7) отсутствует основной

пункт соответствия, а именно п. 8 паспорта: «Экспериментальная тектоника (тектонофизика), включающая физическое и компьютерное моделирование условий формирования тектонических структур и их сочетаний.»

5. На рис. 2 имеются 15 буквенных обозначений, но они не расшифрованы ни в легенде, ни в подписи к рисунку. Аналогичное замечание по рис. 12, 46 и 47.

6. В первом абзаце раздела 2.1 (с. 50) дан краткий исторический экскурс применения математики в геологии. При этом нет ни одной ссылки.

7. В последующем тексте раздела 2.1 (с. 51–54) небрежно даны ссылки на обсуждаемые математико-геологические модели и реализующие их программные продукты: в ряде случаев ссылка дается не на работу, в которой впервые описана та или иная модель или программа, а на статью, где эта модель была затем использована для решения конкретной задачи.

8. В разделе 2.1 (с. 50–54) автор систематически ошибочно использует термины «модель» и «программа» как синонимы. Складывается впечатление, что соискатель не видит принципиальной разницы между математической моделью и реализующей ее компьютерной программой.

9. В главе 3 (с. 68–102) было бы логичным и полезным поместить дополнительный рисунок (карту), на которой было бы показано географическое положение всех двенадцати объектов исследования.

10. В разделе 4.1 (с. 103–104) при обсуждении корреляционного анализа не указан использованный размер выборки.

11. В разделе 4.1 (с. 104) R^2 назван достоверностью аппроксимации, хотя корректнее использовать термин «коэффициент детерминации».

12. На рис. 46 и 47 представлены прогнозные карты скоростей поднятия сегментов горного обрамления и плеч рифтовых впадин, полученные по результатам моделирования. При этом в тексте не приводится численная оценка точности (погрешность) определения этих скоростей.

13. При составлении списка литературы (с. 142–161) использованы два различных стиля библиографического описания для российских (№ 1–73) и зарубежных (№ 74–186) публикаций.

14. Из представленного в автореферате списка публикаций автора в рецензируемых журналах (с. 14–15) не ясно, какие журналы из этого списка находятся в списке ВАК, какие индексируются в Web of Science, Scopus или Russian Science Citation Index.

15. В диссертации и автореферате отсутствует расшифровка аббревиатуры «БРС», которая используется почти на каждой странице.

16. В тексте диссертации встречаются пунктуационные ошибки.

Высказанные замечания не снижают общую положительную оценку представленной работы, так как носят частный характер.

Диссертационная работа Л.М. Бызова является актуальным **законченным самостоятельным исследованием**, в котором решена важная научная задача: разработана методика компьютерного анализа и численного моделирования развития горного обрамления впадин рифтовых систем. Представленная диссертация обладает **ценностью** для геологической науки и практики, так как развивает методы и подходы анализа и моделирования условий формирования тектонических структур, а также изучения вертикальных и горизонтальных тектонических движений. Полученные автором результаты **могут использоваться** в академических и отраслевых геологических организациях при проведении исследований формирования и динамики развития рифтовых систем и прилегающих территорий.

Диссертационная работа по актуальности, новизне и практической значимости **соответствует критериям** п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от

24.09.2013, а ее автор Бызов Леонид Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук *за разработку* методики компьютерного анализа и численного моделирования развития горного обрамления впадин рифтовых систем.



Флоринский Игорь Васильевич
доктор технических наук
специальность 25.00.33 – Картография
ведущий научный сотрудник

Институт математических проблем биологии РАН –
филиал Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

142290, Московская обл., г. Пушкино, ул. проф. Виткевича, д. 1.
Тел.: +7 (4967) 318-504; email: iflor@mail.ru

29 июня 2022

Я, Флоринский Игорь Васильевич, согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Флоринского Игоря Васильевича заверяю
Зав. отделом кадров ИМПБ РАН – филиала ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
Галушко Татьяна Александровна

