

## Отзыв официального оппонента

на диссертацию Шэнь То

«Сейсмическая активизация восточного Тибета в начале 21 века и сеймотектоническая роль литосферного блока Баян-Хара»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 - геотектоника и геодинамика

Диссертация Шэнь То посвящена изучению геодинамики и сеймотектоники одного из самых интересных с геодинамической точки зрения регионов мира – зоны коллизии Индостана и Евразии, и, в частности, Тибетского плато.

Работа состоит из Введения, семи глав и заключения, список использованной литературы весьма обширен и содержит 171 источник (118 английских, 15 российских, 27 китайских и 11 интернет-ресурсов). При этом странно, что российские источники не идут первыми, как это положено по ГОСТ. Общий объем работы составляет 167 страниц.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель, задачи и научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту положения.

Значительные современные движения и повышенная сейсмичность, сопровождающаяся существенными разрушениями и жертвами, которая наблюдаются в этом регионе, делает данное направление исследований весьма важным. Дополнительную важность данному исследованию придает то обстоятельство, что по данным сейсмических каталогов выявляется сейсмическая активизация данного региона, в значительной мере согласованная с глобальной сейсмической активизацией, наблюдающейся для Земли в целом. Особое внимание в диссертации (что отражено и в названии работы) направлено на изучении в этом аспекте динамики блока Баян-Хара, с границами которого связан ряд сильнейших землетрясений региона за последние годы. Таким образом, **актуальность** данного исследования хорошо обоснована и не вызывает сомнений.

**Цель и задачи** работы в целом соответствуют современному направлению сеймотектонических исследований, как в данном регионе, так и вообще в сеймотектонике. При этом отметим как недостаток некоторую излишнюю объемность в формулировке цели. **Методика** работы, а также используемые **данные и материалы** соответствуют поставленным целям и задачам и отвечают современным подходам в геодинамике и сеймотектонике. Представляется важным и следует отметить как несомненно положительный момент то, что автор работы комбинирует различные материалы и подходы: использует и сопоставляет данные различных сейсмических каталогов, данные полевых исследований, в том числе собственных, а также результаты сейсмотомаграфических моделей. Подобный подход позволяет комплексно подойти к изучению проблемы и представляется весьма плодотворным.

В первой главе весьма кратко (на 4 страницах) изложены основные характеристики 5 крупных землетрясений восточного Тибета в начале 21-го века.

Вторая глава посвящена описанию общей тектоники и геологии Тибетского плато. Это самая большая и основательная глава диссертации. В ней достаточно подробно описаны положение плато Тибет в Центрально-Азиатском подвижном поясе, дается детальное описание субдукционно-коллизонных орогенных поясов и важнейших террейнов, составляющих структуру региона исследования. Отдельный небольшой раздел посвящен описанию тектонического блока Баян-Хара. В целом глава носит обзорный характер и дает достаточно полное представление о строении региона и его особенностях. К недостаткам главы следует отнести некоторую сложность, которые читатели испытывают при идентификации названий многочисленных структурных элементов района на приведенных схемах. Кроме того представляется, что в раздел 2.3, посвященный блоку Баян-Хара, следовало поместить более детальную схему именно этого блока, ведь он фигурирует в названии работы.

Третья глава посвящена описанию сеймотектонических и сейсмологических характеристик очагов сильных землетрясений Восточного Тибета в начале 21-го века (Куньлуньского землетрясения 2001 г., Вэньчуаньского землетрясения 2008 г., землетрясения Лушань 2013 г., землетрясения Юйшу 2010 г., а также землетрясения Горкха в Непале 2015 г.). Эта глава одна из центральных в работе, здесь приводятся характеристики указанных землетрясений, механизмы очагов, их приуроченность к разломам и другим структурам, соотношение с сейсмичностью в районах, где они происходили. Приводятся также результаты полевых наблюдений, в том числе авторских, что в целом позволяет составить разносторонне суждение о рассматриваемых сильных событиях и о поверхностных проявлениях и влиянии на постройки и сооружения, и дает автору надежную фактическую основу его работы и выводов. В тоже время представляется, что было бы целесообразно объединить с этой главой первую, весьма краткую главу диссертации, также посвященную сильным землетрясениям, но всего Тибета. Это позволило бы дать единую характеристику сейсмичности региона в целом, и вписать характеристики рассматриваемых сильных землетрясений в общий контекст сеймотектонических и сейсмологических исследований. Кроме того, некоторые рисунки в данной главе довольно плохо читаются: так, на рис. 19 и 27 видны только эпицентры землетрясений, но не видны разломы (хотя о них говорится в подписи), что делает рисунки в таком виде почти бессмысленными.

Глава 4, посвященная анализу исторических землетрясений региона, содержит сведения о таких землетрясениях начиная с 20-х годов XX века. Она основана на литературных данных и собственных полевых данных автора, и позволяет автору

предварительно выделить серии сильных сейсмических событий в регионе с периодом 50-70 лет. Однако глава весьма кратка (5 стр.) и, по мнению оппонента, ее также следовало бы включить как подраздел в общую главу, посвященную общему анализу сейсмичности.

В пятой главе проводится оценка и анализ высвобождения сейсмической энергии в регионе исследования в конце 20-го и начале 21-го веков. В связи с тем, что автор ставит перед собой задачу провести указанный анализ, основываясь на данных разных сейсмических каталогов (CENC, CEA и USGS), в начале главы обсуждаются разные виды магнитуд и их связь с энергией землетрясения. Затем описывается, как в каждом случае производится пересчет магнитуд в энергию (что не всегда является простой задачей из-за разных типов магнитуд, которые использованы в указанных каталогах). Несмотря на то, что полученные по разным каталогам временные ряды выделения сейсмической энергии несколько отличаются друг от друга, автор достаточно убедительно показывает, что основные этапы сейсмической активизации в Тибете в целом совпадают с мировыми пиками сейсмической активности, но при этом имеют собственные особенности, которые можно выделить, используя детальные региональные каталоги.

В то же время к данной главе есть серьезные замечания. Прежде всего, это касается разделов, посвященных соотношению разных видов магнитуд и энергий. Само существование нескольких шкал магнитуд делает подобный анализ нетривиальным делом. Эти разделы изложены в диссертации довольно неявно, местами используются обозначения, которые могут вводить читателя в заблуждение, и текст не дает уверенности в том, что автор осознал различия между шкалами и номенклатуру обозначений. Например, вперемешку используются обозначения ml и ML, mb, mB и MB, ms и ms7, без пояснений одно ли это тоже, и если нет – в чем различия. Проблема пересчета одних магнитуд в другие неоднократно обсуждалась в научной литературе. Тем более следовало в работе дать четкий методический раздел, посвященный этим вопросам, со ссылками на авторитетные источники – это пошло на пользу и автору, и четкости изложения материала в диссертации, а также могло быть использовано и другими исследователями. Кроме того, в данной главе много буквальных текстуальных повторов, касающихся сопоставления этапов активизаций по разным каталогам с глобальными активизациями, которые утяжеляют чтение текста, практически ничего не добавляя по существу.

Материалы и выводы, изложенные в главах 1, 3, 4 и 5 являются основанием для 1 и 2-го защищаемых положений. В целом эти выводы и указанные положения являются, несмотря на отмеченные недостатки, достаточно хорошо **обоснованными и достоверными**. Но при этом первое защищаемое положение имеет характер констатации, а второе – по сути, раскрывает и детализирует первое.

В главе 6 исследуется пространственная миграция очагов сильных землетрясений во времени. Изучение этого вопроса проводится в работе на разных пространственных и временных масштабных уровнях – от крупных миграций землетрясений 20-го века (в Памиро-Байкальском, Гималайском, Суматра-Монгольском поясах) до региональных миграций, связанных с геодинамикой Тибета в целом и уже – восточного Тибета, и в особенности блока Баян-Хара. По результатам пространственно-временного анализа распространения очагов сильнейших землетрясений в работе делается **обоснованное заключение**, что в начале 21-го века сейсмическая активизация Тибета носила миграционный характер, причем почти все сильнейшие землетрясения в этот период происходят на периферии блока Баян-Хара, вокруг миграционного пояса Сяньшуйхэ. Подробно рассматривается пространственно-временная динамика сильных событий по границам этого блока, согласующаяся с механизмами их очагов и с кинематикой разломов, с которыми они связаны. При этом для Тибета в целом установлен в значительной степени разнонаправленный характер сейсмической миграции. Отсюда в работе делается вывод о том, что подобный характер миграции не согласуется (или, по крайней мере, не вполне согласуется) с плитотектонической концепцией геодинамики Тибета, которая, по мнению автора, должна была вызвать направленную миграцию в северном направлении.

Это заставляет автора искать иную геодинамическую причину выявленных особенностей миграции сейсмичности. Этому посвящена последняя, седьмая (весьма краткая – 4 стр.) глава диссертации. Автор диссертации находит такое возможное объяснение в интерпретации результатов анизотропной сейсмической томографии продольных волн под материковым Китаем и близлежащими регионами. Согласно этим исследованиям, в верхней мантии под южным восточным Тибетом существует обстановка инверсии плотностей, что может являться причиной новейшего подъема плато. Вследствие этого наблюдается центробежное растекание вещества в направлении от южного Тибета на север, юг и в восточном направлении, что по мысли автора, может являться причиной наблюдаемой разнонаправленной сейсмической миграции.

Шестая и седьмая главы являются обоснованием третьего защищаемого положения. Если первая часть этого защищаемого положения **достаточно обоснована** и не вызывает сомнений, то вторая часть, касающаяся интерпретации, достаточно дискуссионна. Однако, несмотря на то, что оппонент придерживается несколько иных взглядов, следует признать, что предлагаемое объяснение имеет право на существование и может быть признано **достаточно обоснованным**, особенно с учетом того, что оно опирается на современные данные. Тут следует отметить основное замечание к седьмой главе: о данных сейсмической томографии только говорится, однако не приводится ни

одного рисунка с этими результатами, и читателям предоставляется верить на слово, или искать цитируемые работы самостоятельно.

Однако все указанные недостатки не умаляют общей достаточно высокой оценки диссертации и не ставят под сомнение полученные автором результаты.

В целом следует отметить, что диссертационная работа содержит несомненные элементы **новизны**, которые касаются, главным образом, оценок выделения совокупной сейсмической энергии по годам на основании анализа и, что важно, сопоставления материалов различных сейсмических каталогов, а также интерпретации пространственно-временного распространения очагов сильнейших землетрясений региона как следствия не только коллизии Индостан–Евразия, но и влияния на геодинамику верхнемантийного плюма.

**Практическая значимость** данной работы определяется следующими факторами: возможностью использования используемых подходов и полученных результатов для мониторинга развития сейсмических активизаций в регионе исследования (а, возможно, и в других регионах с активной коллизионной геодинамикой), а также выделением новых зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ) в центральной и восточной частях плато Тибет и его обрамления.

Подводя **итог**, отметим, что автором диссертации выполнено исследование особенностей сейсмотектоники восточного Тибета, в ходе которого обнаружен ряд важных зависимостей, таких как сейсмические активизации в регионе, миграция очагов сильных землетрясений и их интерпретация.

Диссертация Шень То представляет собой законченное исследование, выполненное на достаточно высоком научном уровне. Текст диссертации написан понятным языком, хотя и не лишен определенных недостатков и шероховатостей, структура изложения в целом логична. Полученные результаты прошли апробацию на 4 всероссийских, международных научных конференциях и совещаниях. По теме диссертации опубликовано 8 работ, в том числе 4 публикации из списка ВАК РФ. Эти научные публикации в полной мере отражают содержание исследований, основные выводы и защищаемые положения диссертации. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Личный вклад автора отражен в работе в полной мере.

Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. Результаты диссертации могут использоваться для выделения новых зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ). Практические результаты могут использоваться в научных институтах широким кругом исследователей в области сейсмотектоники.

Диссертационная работа Шень То соответствует критериям п. 9 - 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи имеющей существенное значение для развития сейсмоtectоники. Соискатель Шень То заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.

Я, Захаров Владимир Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

профессор кафедры динамической геологии Геологического факультета

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

доктор геолого-минералогических наук, доцент

Захаров Владимир Сергеевич

Тел.: (495) 9392351, E-mail: zakharov@geol.msu.ru

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

7 мая 2018 г.

Подпись *Захарова* **заверяю**  
Зав. канцелярией геологического факультета

