

## **ОТЗЫВ официального оппонента**

### **Трифонова Владимира Георгиевича на диссертацию Шэнь То «Сейсмическая активизация восточного Тибета в начале 21 века и сейсмотектоническая роль литосферного блока Баян-Хара» по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук**

Диссертация Шэнь То состоит из Введения, семи глав и Заключения. Её объем составляет 167 страниц, включая 52 рисунка и 5 таблиц. Список литературы содержит 171 наименование.

Во Введении сформулированы актуальность, цель и задачи работы, её научная новизна, практическая значимость и защищаемые положения и кратко охарактеризована методика исследований. Актуальность работы определяется следующим. Тибет является одним из наиболее сейсмичных, если не самым сейсмичным континентальным регионом Мира. В начале XXI века в Восточном Тибете произошли четыре землетрясения на структурных обрамлениях блока Баян-Хара: два (Куньлунское 2001 г. и Взньчуань 2008 г.) с магнитудами  $\geq 8$  и два (Юйшу 2010 г. и Лушань 2013 гг.) с магнитудами  $\geq 7$ . Их дополнило землетрясение Горкха 2015 г. с магнитудой  $M_w=7.9$  в Гималаях Непала. Сейсмотектонические аспекты этих землетрясений, которым посвящена диссертация, важны как в научном (геодинамическом), так и в практическом (прогностическом) отношении.

Целью диссертации является определение природы сейсмической активизации региона в XXI в., выявление подобных более ранних активизаций региона и миграции очагов землетрясений на основе полевых сейсмотектонических исследований, анализа геологических и геофизических данных и обработки каталогов землетрясений. Для достижения этой цели решались следующие задачи: (1) анализ данных по неотектонике Тибета; (2) полевые исследования и анализ данных об эпицентральных зонах сильнейших землетрясений XX и XXI веков; (3) расчёт сейсмической энергии, выделенной землетрясениями XX и XXI веков; (4) построение схемы размещения очагов сильнейших землетрясений XX и XXI веков и анализ их миграции в Восточном Тибете в сопоставлении с зонами активных разломов региона; (5) анализ геофизических данных о глубинном строении Тибета и обоснование существования под ним верхнемантийного плюма.

Первая и вторая главы посвящены описанию геодинамической и геологической обстановки Тибета. Приведены детальные сведения о тектонике, описана история становления Гандисышань-Гималайского субдукционно-коллизийного орогенного пояса, периферических транспрессионных орогенных поясов Тибетского плато, периферических окраинных экструзивных террейнов, Центрального Тибетского нагорья и

блока Баян-Хара. Эти сведения послужили сеймотектонической основой для последующего исследования.

В третьей главе описаны тектоническая позиция и геологические проявления пяти указанных выше сильнейших землетрясений Восточного Тибета и Гималаев Непала начала XXI века. Личные полевые наблюдения и обобщение опубликованных сведений дают детальное представление о сейсмологических, макросейсмических и сеймотектонических характеристиках этих землетрясений и их последствиях.

Четвертая глава посвящена анализу исторических землетрясений. Приведены результаты изучения зоны активного разлома Хайюань, где в 1920 г. произошло землетрясение с магнитудой  $M=8.5$ , и разлома Жонгвей, где в 1927 г. произошло землетрясение с магнитудой  $M=8.0$ . По литературным и собственным полевым материалам диссертант показал выход очагов на поверхность. Возникновение двух сильных разрушительных землетрясений свидетельствует о том, что для этой сейсмоактивной зоны характерны серии толчков. Обобщение исторических, сейсмологических и палеосейсмологических данных, изложенных в предыдущих главах, позволило автору обосновать первое защищаемое положение: «В регионе Тибета, который является одной из наиболее сейсмоактивных континентальных территорий в мире, высокомагнитудные землетрясения в ходе активизаций группировались в серии, охватывающие по времени первые десятки лет, и перемежались с периодами затиший протяженностью в несколько десятков лет».

В пятой главе приводятся результаты сделанных автором расчётов высвобождения сейсмической энергии по сейсмическим каталогам. Оценка выделения совокупной сейсмической энергии по годам выполнена автором впервые. Полученные результаты позволили диссертанту убедительно аргументировать второе защищаемое положение: «По данным сейсмологических каталогов с 1900 по 2015 гг. наблюдаются три крупных сейсмических активизации восточного Тибета. Первая продлилась с 1916 по 1937 гг., вторая – с 1947 по 1955 гг. Вторая активизация совпадает во времени с сейсмической активизацией, отмечающейся для всего мира в 1950-1970 гг. Далее наступило сейсмическое затишье, нарушенное малой сейсмической активизацией 1973-1975 гг., а начало 21-го века до настоящего времени ознаменовалось новой сильной сейсмической активизацией, также отмечающейся для всей планеты. Сейсмические очаги сконцентрировались в центральной и южной частях восточного Тибета».

В шестой главе приводится оценка миграции очагов землетрясений XX в. и начала XXI в. Диссертант составил схему размещения очагов сильных землетрясений восточного Тибета по разломам, ограничивающим литосферный блок Баян-Хара, и выявил особенности их распространения во времени. По результатам оценки скорости и направления миграций впервые было установлено направление смещения с севера на юг для очагов XXI в. Такое же смещение установлено для некоторых серий XX в. на фоне

доминирующей миграции очагов в северном направлении. В короткой седьмой главе содержится геодинамическая интерпретация причин сейсмической активизации Тибетского нагорья в начале XXI в. Приведены обоснования современного верхнемантийного плюма под Тибетом, проявлением которого автор считает южную миграцию очагов сильнейших землетрясений XXI в.

На основе изложенного в главах 6 и 7 автор сформулировал третье защищаемое положение: «Изучение тектонической позиции, сеймотектонических и сейсмологических проявлений, характера подвижек и строения очаговых зон сильнейших землетрясений восточного Тибета и Гималаев Непала в начале 21-го века показало, что эти сейсмические события во времени последовательно смещались в направлении с севера на юг. Эту закономерность невозможно объяснить с позиций традиционных геодинамических представлений об импульсном пододвигании Индостана под Тибет в северном направлении, а скорее реально увязать с процессом роста верхнемантийного плюма под центральной частью плато».

Итак, в диссертации содержится описание тектоники Тибета. На основе сеймотектонических и сейсмологических исследований составлены структурные схемы расположения очагов сильных землетрясений, выявлены эпохи сейсмических активизаций и затиший, определен характер миграции очагов. Для сильнейших землетрясений Восточного Тибета начала XXI в., отражающих очередную активизацию, доказано, что они приурочены к разломным границам блока Баян-Хара и отражают его геодинамическое развитие. Эти результаты **надёжно обоснованы** и не оставляют сомнений в их **достоверности**. Они содержат элементы **новизны**, что, в первую очередь, относится к обоснованию сейсмической активизации Восточного Тибета в начале XXI в., которой предшествовало сейсмическое затишье продолжительностью 25 лет, а также миграции очагов землетрясений в течение этой активизации с севера на юг.

Вместе с тем, диссертация вызывает ряд **замечаний**. Главное из них относится ко второй части третьего защищаемого положения, которая связывает южную миграцию очагов землетрясений под Тибетом и Гималаями в начале XXI в. с ростом верхнемантийного плюма. Это сомнительно и, во всяком случае, недостаточно обосновано с трёх точек зрения. Во-первых, сомнителен сам факт существования плюма. Непонятно, как автор выявляет мантийный диапир (проявление плюма) по механизмам очагов землетрясений (с. 145). Утверждение, что на Тибете «практически все землетрясения последних десятилетий имеют сбросовые механизмы» (с. 137), противоречит приводимым в работе данным о сдвиговых, взбросо-сдвиговых и взбросовых механизмах сильнейших землетрясений XXI в. Активные меридиональные сбросы действительно есть на юге Тибета (блок Лхасы), тогда как в СЗ Куньлуне они связаны со сдвигами. Наличие под слоем высокоскоростной мантии, продолжающейся до глубин 200–400 км, слоя с пониженными скоростями сейсмических волн до глубин ~600 км не

является обоснованием плюма, а скорее указывает на существование горизонтального верхнемантийного потока разогретого материала (Соколов, Трифонов, 2012). Во-вторых, факт миграции очагов землетрясений в южном направлении не является указанием на направление действующих сил. В-третьих, заключение о южной миграции очагов построено на трёх землетрясениях с магнитудами  $\geq 8$ , из которых одно относится к геодинамически отличной от Тибета структуре Гималаев, и не находит аналогов в более ранних эпохах сейсмической активизации, а потому недостаточно представительно, чтобы считаться закономерностью. Кстати, вызывает недоумение, почему в защищаемых положениях не упомянут блок Баян-Хара, тогда как в работе представлены обоснованные данные о его сейсмотектоническом значении, что отражено и в заголовке диссертации.

Остальные замечания имеют второстепенное значение.

1. Во Введении (с. 8) практически отсутствует описание методики исследований, что отчасти компенсируется подробным изложением методики расчёта выделенной сейсмической энергии в главе 5.
2. Ряд замечаний к главам 1 и 2 связан с тем, что автор недостаточно конкретно ссылается на источники использованной информации. Так, на с. 20 он утверждает, что Тибет обладает чертами срединного массива, а в дальнейшем описании опровергает это, описывая последовательность продольных зон Тибета, сформированных в разное время.
3. Неточно утверждение, что после неопротерозоя Тибет располагался севернее океана Тетис (с. 21), поскольку Тетис возник только в конце палеозоя, а в палеозое существовали другие океаны.
4. Индостанскую плиту нельзя назвать небольшой и клиновидной (с. 28), поскольку она кроме Индостана включает в себя соседние области с океанской литосферой.
5. Непонятно, в каких окружающих орогенных поясах «мощность земной коры сильно сокращена» (с. 36). В Гималаях, Куньлуне и на Памире она намного превосходит среднюю для континентов. Не вижу я на Тибете и кольцевой геолого-геоморфологической структуры (с. 36).
6. Едва ли продуктивно выделять обособленный и единый Афганский террейн (с. 44), поскольку тектонические зоны Тибета продолжают с некоторыми изменениями через Памир в Афганистан (Буртман, Самыгин, 2001; Иванова, Трифонов, 2005).

Несмотря на приведенные замечания, диссертация Шэнь То заслуживает положительной оценки. Это законченное исследование, обладающее внутренним единством и содержащее новые научные результаты, полученные автором лично и важные в теоретическом и практическом отношении. Диссертация имеет существенное значение для мониторинга сейсмической активности Тибета и прилегающих областей. Полученные данные могут послужить основой для выделения новых зон возможных очагов землетрясений в Центральном и Восточном Тибете при составлении новой карты общего сейсмического районирования КНР. По

теме диссертации опубликовано 8 работ, 4 из которых в журналах, рекомендованных ВАК. Автореферат отражает содержание диссертации.

Итак, диссертация отвечает требованиям, установленным ВАК к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика» (по геолого-минералогическим наукам), а также критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Таким образом, соискатель Шэнь То заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика».

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук, профессор,  
лауреат Государственной премии Российской Федерации  
главный научный сотрудник Лаборатории неотектоники и современной  
геодинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Геологический институт Российской академии наук  
ТРИФОНОВ Владимир Георгиевич

7 мая 2017 г.

Контактные данные:

тел.: +7(916)540-40-52, e-mail: trifonov@ginras.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена  
диссертация: 04.00.04 – Геотектоника

Адрес места работы:

119017, г. Москва, Пыжевский пер., 7, ГИН РАН.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический  
институт Российской академии наук (сокращенно - ГИН РАН), лаборатория  
неотектоники и современной геодинамики

Тел.: +7(916)540-40-52; e-mail: trifonov@ginras.ru

Подпись сотрудника ГИН РАН, д.г.-м.н. В.Г. Трифонова удостоверяю:



В. Г. Трифонов  
07.05.2018