

## **Отзыв официального оппонента**

на диссертацию Деева Евгения Викторовича  
«Неотектоника и палеосейсмичность внутригорных впадин северной части Центральной Азии (на примере Горного Алтая и Северного Тянь-Шаня)»,  
представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 - геотектоника и геодинамика

Диссертация Е.В. Деева посвящена изучению весьма важной научной проблемы – неотектонической эволюции и сейсмотектоники (включая палеосейсмичность) внутриконтинентальных орогенов Центральной Азии и, более детально, внутригорных впадин Горного Алтая и Северного Тянь-Шаня.

Работа состоит из введения, пяти глав и заключения, список использованной литературы и данных весьма обширен и содержит 561 название. Общий объем работы составляет 450 страниц.

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

Внутригорные впадины представляют собой один из основных тектонических и структурных элементов внутриконтинентальных орогенов. Их развитие происходило в неразрывной связи с развитием орогенов, изучение структуры и истории развития впадин необходимо для понимания эволюции регионов на неотектоническом этапе. Кроме того, с древнейших времен и по настоящее время внутригорные впадины являются районами постоянного проживания и интенсивной хозяйственной деятельности человека. В связи с этим весьма важной задачей является определение параметров сейсмического режима и сейсмической опасности. Поскольку инструментальные наблюдения и исследования исторической сейсмичности охватывают период не более 200–300 лет, весьма важной и актуальной задачей является исследование сейсмического режима, получение данных о положении очаговых зон, магнитудах, возрастах и периоде повторяемости землетрясений палеосейсмологическими и археосейсмологическими методами, на что в значительной мере направлена данная работа. Таким образом, **актуальность** данного исследования весьма значительна, хорошо **обоснована** и не вызывает сомнений.

**Цель и задачи** работы соответствуют современному направлению и уровню неотектонических и сейсмотектонических исследований, как в данном регионе, так и в мире в целом. Формулировка целей и задач в целом дает возможность понять логику исследования и четкую последовательность действий, которые автор считает необходимым выполнить для решения поставленной проблемы.

Однако существенным недостатком постановочной части данной работы является не вполне четкое, но мнению оппонента, обоснование объединения в одной работе впадин Горного Алтая и Тянь-Шаня.

**Методика** работы, а также используемые **данные и материалы** соответствуют поставленным целям и задачам и отвечают современным подходам в неотектонике и сеймотектонике. Важно отметить, что в работе применяется целый комплекс разнообразных современных методов исследования: использована совместная интерпретация результатов морфотектонических, структурно-геологических, палео- и археосейсмологических, литолого-седиментологических, геофизических, минералого-петрографических, изотопно-геохимических и геохронологических методов. Подобный подход позволяет в значительной мере по-новому подойти к исследованию внутригорных впадин и палеосейсмичности структур северной части Центральной Азии и представляется весьма плодотворным. В работе широко использованы как литературные источники и информация из открытых баз данных, так и результаты детальных полевых исследований, проведенных автором в 1992–2018 гг.

Первая глава посвящена описанию методов исследования неотектоники и палеосейсмичности внутригорных впадин, которые использованы в настоящей работе. Приводятся морфотектонические и геологические методы изучения структуры внутригорных впадин и их обрамления, зон разломов и первичных палеосейсмодислокаций. Это анализ топографических и геологических карт, цифровых моделей рельефа Земли, многоспектральных космоснимков, полевое картирование вертикальных сечений, разломных уступов, стенок траншей (трэнчинг) и естественных обнажений. Оценка магнитуд и интенсивности палеоземлетрясений проводилась на основе эмпирических зависимостей между ними и параметрами сейсмогенных деформаций. В работе широко использован комплекс электромагнитных методов с контролируемым источником: вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ), электромагнитные зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗС) и электротомография, который применяется для исследования тектонических впадин Горного Алтая. Дается описание методов изучения вторичных сейсмогенных деформаций (сейсмитов) в разрезах рыхлых отложений. При этом автор весьма тщательно подходит к анализу, особо оговаривая важность “отбраковки” сейсмогенных деформаций от структур иного генезиса, что повышает достоверность полученных в работе результатов. Значительное место в работе отдано археосейсмическим исследованиям, и в данной главе достаточно подробно описаны применяемые при этом методы. В весьма кратком разделе перечислены методы, которые в работе использованы для определения абсолютного

возраста отложений и сейсмогенных деформаций. Приводятся методы исследования травертинов (известковых туфов), изучение которых является важным и в значительной мере новым направлением, развиваемым в данной работе.

Глава является методической основой проводимых исследований и дает хорошее представление о методах работы. К данной главе есть замечания, которые вследствие ее методического характера относятся практически ко всей диссертации.

1. Прежде всего, это касается используемых в работе характеристик величины землетрясений. Используются разные магнитуды: моментная магнитуда  $M_w$ , магнитуда по поверхностным волнам  $M_s$ , соотношение между которыми в табличной форме представлены в данной главе и даются ссылки на используемые источники. Одновременно во всей работе широко используется просто магнитуда  $M$ , без объяснения того, что под ней понимается, каково ее соотношение с  $M_w$  и  $M_s$ . Упомянута также  $M_LH$ , которая ошибочно названа локальной (обычно так обозначается магнитуда, определяемая по горизонтальной компоненте поверхностных волн), а также магнитуда  $M_{pv}$  (стр. 288, без пояснений).

2. Сами важные соотношения между магнитудой, величиной смещения по разрыву, длиной разрыва, высотой разломного уступа, которые положены в основу проводимых в работе оценок величин палеоземлетрясений, приводятся только в главе 4 (стр. 316), хотя они, как представляется, необходимы именно в главе 1.

3. Для обозначения интенсивности землетрясений использованы  $I$  и  $I_0$ , также без пояснений, одна ли эта характеристика (интенсивность по шкале MSK-64), или использованы и другие шкалы.

Понятно, что в работе использованы разные источники, каталоги и методы, которые позволяют определять те или иные характеристики (магнитуды, интенсивности), не обязательно одинаковые, но это следует четко оговаривать в методической части.

4. При обзоре методов геоэлектрики описываются не все особенности графического отображения результатов, которые приводятся далее в главе 2. В частности не вполне неясно, что отражено в графиках с подписью на оси  $AB/2$ , которые широко приводятся в этой главе.

В главе 2 дается анализ структуры крупных кайнозойских впадин Горного Алтая и Северного Тянь-Шаня. Приводится краткий обзор неотектоники и сейсмотектоники Горного Алтая. Затем дается строение и сейсмотектоника наиболее крупных внутригорных впадин Горного Алтая. Описывается структура Чуйской впадины и дается подробное описание и интерпретация результатов параметрических геоэлектрических исследований кайнозойских отложений в ее пределах. Автор показывает, что проведенные

геоэлектрические исследования играют ключевую роль в определении структуры осадочного выполнения, как самой Чуйской впадины, так и других внутригорных впадин Горного Алтая. Затем подробно рассмотрены структура фундамента и осадочного выполнения Курайской впадины и Уймонской впадины по геологическим и геоэлектрическим данным. В результате проведенных исследований убедительно показано, что все три изученные впадины обладают однотипным строением и сходной двухэтапной историей развития. Обосновано, что ограничивающие впадины с севера активные разломы Курайской зоны и Южно-Теректинский разлом являются перспективными объектами для палеосейсмологических исследований.

Далее в главе дается характеристика Иссык-Кульской впадины в кайнозойской структуре Северного Тянь-Шаня. Этот раздел значительно меньше по объему и менее подробен, чем разделы, посвященные впадинам Горного Алтая (10 и 61 стр., соответственно), главным образом потому, что для Иссык-Кульской впадины нет результатов геоэлектрических исследований. Поэтому объединение в общую главу выглядит несколько искусственно. Тут, как представляется, проявляется уже отмеченный выше недостаток в обосновании. Однако в разделе в целом убедительно показано, что Иссык-Кульская впадина имеет сходную с впадинами Горного Алтая историю развития и является их более масштабным аналогом. Окружающие хребты аналогичным образом надвигаются на нее по активным (в том числе сейсмически) разломам, входящим в структуры типа “flower structure” в зонах сочленения впадины с окружающими хребтами.

Изложенный материал позволяет сформулировать **первое** защищаемое положение, которое представляется в достаточной степени **обоснованным и доказанным**.

К недостаткам (в основном техническим) второй главы следует также отнести уже упоминавшееся выше недостаточное описание приводимых графических материалов геоэлектрического зондирования.

Далее идут две объемные главы, посвященные детальному исследованию палеосейсмичности изучаемых внутригорных впадин.

**Глава 3** посвящена изучению свидетельств палеоземлетрясений в пределах внутригорных впадин Горного Алтая. Рассмотрены палеосейсмодислокации в системе Чуйской и Курайской впадин, выявленные на основании тренчинговых исследований поверхностных разрывов палеоземлетрясений в Курайской зоне разломов и изучения сейсмитов. Рассмотрены первичные и вторичные палеосейсмодислокации в Уймонской впадине на основании изучения позднеплейстоцен–голоценовых разломных уступов в зоне Южно-Теректинского разлома, среднеголоценовых вторичных сейсмогенных деформаций разреза Маргалинский и позднеплейстоценовых сейсмитов в аллювии

р. Катунь и в отложениях этапа спуска ледниково-подпрудных озер. Затем приводится исследование сильных палеоземлетрясений в зоне Катунского разлома на основе анализа вторичных палеосейсмодислокаций на южном окончании разлома и палеосейсмологических и археосейсмологических исследований на его северном окончании, что позволило автору оценить параметры палеосейсмичности в зоне разлома.

Приведенные исследования позволили автору выделить в пределах Горного Алтая три зоны концентрации следов палеоземлетрясений, связанные с крупными морфоструктурами: Чуйско-Курайской системой впадин, Уймонской впадиной и Катунским разломом. Установлено положение очаговых зон палеоземлетрясений с Mw до 7.5 и определить возраст этих событий. На основании анализа вторичных палеосейсмодислокаций выявлены палеоземлетрясения с интенсивностью до 6 баллов и проведена оценка времени, когда они происходили. Это, несомненно, является весьма существенным новым результатом для оценки параметров сейсмического режима и сейсмической опасности района исследований..

Материал третьей главы лег в основу **второго** защищаемого положения, которое является вполне **обоснованным и доказанным**

Замечание по главе 3: проводится оценка периода повторяемости палеоземлетрясений (2 т.л. для Яломанского грабена), однако неясно, как именно она проведена.

В **главе 4** подробно рассматривается палеосейсмичность впадин Прииссыккуля на основании результатов весьма детальных палео- и археосейсмологических исследований, проведенных автором, и обобщения работ предшественников. Описаны палеосейсмологические исследования в зоне Аксуйского краевого разлома, исследования сейсмодислокаций Кеминского (Кебинского) землетрясения 03.01.1911 г., тренчинговые исследования разломного уступа в Чон-Аксуйском грабене и в зоне Культорского разлома, археосейсмологические и исторические данные о возрасте поверхностного разрыва в зоне Культорского разлома. Рассмотрены древние и исторические землетрясения Южного Прииссыккуля и западной части Исык-Кульской впадины с оценкой возрастных рубежей землетрясений в этом районе. Отметим, что в этой главе много внимания уделяется именно археосейсмологическим исследованиям, результаты которых весьма интересны и информативны. Проведено изучение сейсмиков в позднеплейстоценовых отложениях оз. Исык-Куль.

В результате проведенных исследований автору удалось выявить неизвестные ранее первичные и вторичные сейсмодислокации, деформации археологических памятников, связанные с сильными древними и историческими землетрясениями.

Определено положение очаговых зон 11 сильных ( $M_w \geq 6.1$ ) позднеплейстоцен – голоценовых землетрясений в Прииссыккулье. Впервые установлены парные землетрясения, произошедшие в разных частях региона и установлен их возраст. Доказано, что максимальные  $M_w$  палеоземлетрясений в южной части Иссык-Кульской впадины достигали значений 6.9–7.3, на ее западе – 7.2–7.6.

Все это позволяет сформулировать **третье** защищаемое положение, которое представляется хорошо **обоснованным и доказанным**.

Особых замечаний к главе нет, кроме того, что в числе результатов проведенных исследований отмечены «парные землетрясения» и «парные» кластеры землетрясений, но при этом не совсем понятно, что это такое, и каково значение именно их «парности».

**Пятая** глава посвящена изучению травертинов (известковых туфов) как индикатора возрастных рубежей поздне-четвертичной палеосейсмичности Курайской зоны разломов Горного Алтая. Описаны механизм формирования, структурная позиция и литотипы травертиновых тел, даются петрографические, минералогические и изотопно-геохимические характеристики травертинов. В результате на основании комплексных морфотектонических, геологических, минералого-петрографических и изотопно-геохимических исследований выявлена и достаточно хорошо обоснована структурная взаимосвязь полей позднечетвертичных травертинов с активными разломами и с палеосейсмичностью. Показано достаточно хорошее соответствия возрастных рубежей травертинообразования, с одной стороны, и палеоземлетрясений, с другой, что, по мнению автора, дает возможность использовать абсолютный возраст карбонатов ( $^{14}\text{C}$  и  $\text{U/Th}$ ) для определения возраста палеоземлетрясений.

Применение указанного подхода на основе сопоставления результатов определения абсолютного возраста травертинов как с палеосейсмологическими, так и с палеогеографическими (деградации оледенений и мерзлоты) данными позволило автору реконструировать для Курайской зоны разломов палеосейсмические события и оценить их возможный возраст.

Полученные в данной главе результаты дают возможность использовать травертины как еще один инструмент для определения активности разломов. Все это позволяет автору сформулировать **четвертое** защищаемое положение, которое представляется в достаточной мере **обоснованным и доказанным**.

В качестве замечания к данной главе отметим, что установленное в работе хорошее соответствие между возрастом травертинов и сильных палеоземлетрясений само по себе на является доказательством причинно-следственной связи. Хотя обоснования в работе

приводятся, представляется, что эти положения нуждаются в разработке и подтверждении. Но это, скорее, пожелание для дальнейшей работы.

В заключении достаточно четко и ясно формулируются основные результаты диссертации. Отметим, что тут, кроме выводов по двум рассматриваемым регионам (Горный Алтай и Тянь-Шань), приводится обобщающий вывод о том сейсмогенерирующими структурами в рассматриваемых районах Центральной Азии являются взбросо-надвиги двух типов: основные краевые разломы, по которым окружающие хребты надвигаются на отложения впадин, а также их оперения, по которым отложения впадин надвигаются в сторону хребтов.

В целом все результаты, выводы, полученные в работе, а также положения, выносимые на защиту, являются достаточно хорошо **обоснованными и достоверными**.

Общие замечания к работе. Основным недостатком является уже отмеченное недостаточное, на взгляд рецензента, обоснование объединения объектов в рамках в одной работы впадин Горного Алтая и Тянь-Шаня. Что их объединяет, кроме общности примененных методик, да и то не всех (для Иссык-Кульской впадины не используются такие важные информативные методы, как геоэлектрические и исследования травертинов)? Определенный синтез, как уже отмечено, присутствует в первом защищаемом положении, и в заключительных выводах, однако, как представляется, не вполне в достаточной степени.

Кроме того, есть «технические» замечания: многие рисунки плохо читаются, положение скважин и профилей, детали разрезов не всегда видны даже на рисунках в диссертации, а в автореферате зачастую не видны совсем. Структура автореферата несколько отличается от структуры работы: таблицы 1, 2, 4, обобщающие параметры сильных землетрясений, расположены в автореферате в середине соответствующих разделов, в то время как в диссертации – в результирующих разделах глав. Но это, вероятно, связано с компоновкой автореферата для печати.

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

Диссертация характеризуется значительной **новизной**, которая связана, прежде всего, с комплексным характером проводимых исследований, включающих целый спектр перечисленных выше современных методов. Показаны общность строения и эволюции палеоген-четвертичной эволюции межгорных впадин Горного Алтая. В районах исследования различными методами выявлен и изучен целый ряд ранее неизвестных палеосейсмогенных структур. Установлены очаговые зоны древних и исторических землетрясений, проведена оценка параметров палеоземлетрясений (магнитуда,

интенсивность, возраст, возможный период повторяемости). Предложена методика использования травертинов в качестве индикатора активности разломов и для определения возраста палеоземлетрясений.

**Теоретическая значимость** работы определяется тем, что выявленные закономерности неотектоники, сеймотектоники и палеосейсмичности межгорных впадин, могут быть использованы для сравнительного тектонического анализа структур сходного генезиса, для выявления закономерностей тектонической эволюции литосферы и современной геодинамики Северного Тянь-Шаня и Горного Алтая, а также северной части Центральной Азии в целом. **Практическая значимость** работы определяется тем, что уточнены и расширены данные о древних (доинструментальных) землетрясениях регионов исследования, уточнены параметры сейсмического режима, такие как магнитуда и интенсивность землетрясений, период повторяемости. Полученные материалы существенно расширяют (в том числе в сторону увеличения возраста и силы землетрясений) каталог сильных сейсмических событий. Они должны быть учтены при сейсмическом районировании и оценке сейсмической опасности обследованных территорий. Выявленные в Горном Алтае очаговые зоны палеоземлетрясений располагаются непосредственно вдоль планируемой трассы газопровода в КНР, что необходимо учитывать при проектировании этого и других сооружений.

Диссертация Е.В. Деева представляет собой законченное исследование, выполненное на весьма высоком научном уровне. Текст диссертации написан хорошим языком, структура изложения весьма логична. Полученные результаты прошли апробацию на многочисленных всероссийских и международных научных конференциях и совещаниях. По теме диссертации опубликовано 132 работы, в том числе 48 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 статей в рецензируемых журналах, не входящих в список ВАК. 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 в целом соответствует содержанию диссертации. Результаты диссертации могут использоваться как теоретическая, практическая и методическая основа для проведения неотектонических и сеймотектонических исследований внутриконтинентальных орогенов.

Диссертационная работа Е.В. Деева соответствует критериям п. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к докторским диссертациям и является научно-

квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи имеющей существенное значение для понимания новейшей структуры и геодинамики межгорных впадин Горного Алтая и Тянь-Шаня, и, более широко, Центральной Азии в целом. Соискатель Е.В. Деев несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени доктора 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

13 марта 2019 г.

Подпись *Захарова* *ВС* *заверяю*  
Зав. канцелярией геологического ф-та  
М.Г. Ве

