



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИГЭСО РАН, член-корр. РАН

Д.П.Гладкочуб

Отзыв ведущей организации на научную работу

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.

Научная работа Е.В. Деева представляет анализ неотектонической эволюции и сейсмотектоники внутриконтинентальных орогенов Центральной Азии. Расширение и детализация сейсмической летописи, определение максимально возможных магнитуд и периода повторяемости землетрясений в целях оценки сейсмического режима и сейсмической опасности этих территорий – одна из ключевых и до сих пор актуальных научных проблем современной сейсмотектоники и геодинамики.

Как известно, сами внутригорные впадины – одни из основных морфотектонических элементов в структуре кайнозойских внутриконтинентальных орогенов Азии. Анализ структуры впадин крайне необходим для понимания неотектонической эволюции регионов. Они являются территориями постоянного проживания и интенсивной хозяйственной деятельности коренного населения.

Высокая плотность населения, наличие перспективных промышленных объектов горнодобывающего и топливно-энергетического комплексов настоятельно требуют корректных оценок параметров сейсмического режима и потенциальной сейсмической опасности. Вместе с тем, сейсмологические каталоги более или менее систематически освещают сейсмическую историю только последних 200–250 лет. Этого явно недостаточно для выявления сейсмического режима и достоверной оценки сейсмической опасности в регионах. Отсюда следует важнейшая актуальная задача – дополнение каталога сильных землетрясений Северного Тянь-Шаня и Горного Алтая для большего возрастного интервала. Единственным надежным источником информации о положении очаговых зон, магнитудах, возрастах и периоде повторяемости сильных палеоземлетрясений служат данные палеосейсмологии и археосейсмологии.

Именно этому посвящено научное исследование Деева Е.В. Поставив своей целью применение комплекса современных геолого-геофизических, морфотектонических, палеосейсмологических, археосейсмологических, минералого-петрографических и геохронологических методов и подходов, автор решает задачи анализа структуры впадин и ограничивающих их зон активных разломов, определения параметров сильной палеосейсмичности и коррелируемых с сейсмическими процессами возрастных эпох травертинообразования.

Следует сразу оговорить, что диссертант успешно справляется с поставленными перед научным исследованием задачами. Главными из них были следующие.

1. На основе морфотектонических, геологических и геоэлектрических данных проанализировать структуры кайнозойских впадин и ограничивающих их зон активных разломов, установить этапы их развития.

2. Палеосейсмологическими и археосейсмологическими методами выявить и изучить ранее неизвестные первичные и вторичные палеосейсмодислокации, связанные с сильными землетрясениями. Определить сеймотектоническую позицию и параметры палеоземлетрясений (кинематику и величины сейсмогенных смещений, магнитуды, интенсивность, положение очаговых зон, возраст), оценить максимальные магнитуды и периоды повторяемости палеоземлетрясений, характерные для активных разломов.

3. На основе морфотектонических, геологических, минералого-петрографических и изотопно-геохимических исследований установить структурную взаимосвязь полей позднечетвертичных травертинов с активными разломами. С использованием методов абсолютной геохронологии определить возраст карбонатов травертинов. С учетом полученных ^{14}C и U/Th возрастов провести корреляцию этапов травертинообразования с выявленными палеосейсмическими событиями.

Для решения поставленных вопросов автор последовательно и методично рассматривает результаты морфотектонических, структурно-геологических, палеосейсмологических, археосейсмологических, литолого-седиментологических, геофизических, минералого-петрографических, изотопно-геохимических и геохронологических методов. Такой комплексный подход для исследования внутригорных впадин и палеосейсмичности структур северной части Центральной Азии применен впервые, хотя различные методы в том или ином сочетании использовались и ранее.

В ходе самостоятельных полевых работ, проведенных диссертантом в 1992-2018 гг., была исследована внутренняя структура разломных уступов в 11 траншеях и карьерах. В пределах внутригорных впадин Деевым Е.В. задокументировано около 200 разрезов палеоген-четвертичных отложений и в 25 из них зафиксированы вторичные деформации, генетически связанные с палеоземлетрясениями. Методами археосейсмологии проанализировано 7 средневековых городищ, 10 иных разновозрастных и разнотипных археологических памятников, несущих в своей архитектуре признаки сейсмогенных деформаций. Выявлено и описано 17 полей травертиновых образований на территории центральной и восточной частей Горного Алтая. Данные по 8 из них использованы в рамках диссертационного исследования. При характеристике неотектонической и геологической структуры территорий использовались многоспектральные космоснимки (Landsat, Spot, Modis), цифровые модели рельефа Земли (SRTM, GMRT), литературные источники. Определение возрастов палеоземлетрясений и этапов травертинообразования подкреплено более чем 60 определениями абсолютного возраста, выполненными радиоуглеродным, ОСЛ, ИК-ОСЛ и U-Th методами.

Все это, несомненно, повышает достоверность и корректность полученных выводов диссертации. На защиту выдвинуты следующие научные положения.

1. По геоэлектрическим характеристикам кайнозойские отложения наиболее крупных впадин Горного Алтая разделены на низкоомный и высокоомный комплексы, сформированные в различных геодинамических обстановках. На этапе палеоген-неогенового растяжения при слаборасчлененном рельефе впадины заполнялись тонкообломочными озерными отложениями. В основную (четвертичную) фазу орогенеза

морфоструктуры трансформировались в рамповые и полурамповые бассейны, где накапливались грубообломочные отложения. Ограниченная активными разломами Иссык-Кульская впадина имеет сходную историю развития и является более масштабным аналогом впадин Горного Алтая.

2. Выделены три зоны концентрации сейсмогенных деформаций нижнего плейстоцена-голоцена в Горном Алтае, в пределах которых определен возраст сильных ($M_w \geq 6.7$) палеоземлетрясений. Установлено, что максимальные M_w палеоземлетрясений для Курайской, Южно-Теректинской и Катунской зон разломов находятся в диапазоне 7.2–7.7.

3. Определено положение очаговых зон 11 сильных ($M_w \geq 6.1$) позднеплейстоцен – голоценовых землетрясений в Прииссыккулье. Впервые установлены парные землетрясения с возрастом около 13, 8 и 3 тыс. лет, XI–XII и XV–XVI вв. н.э., произошедшие в разных частях региона. 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.

4. Предложен новый способ определения возрастов палеоземлетрясений с использованием абсолютных возрастов травертинов, которые выполняют роль индикаторов сейсмогенных подвижек в эпохи деградации оледенений и мерзлоты. Определено, что подъем подземных углекислых вод, длительно блокированных мерзлотой в карбонатных коллекторах, к поверхности периодически усиливался в результате развития трещиноватости при землетрясениях в Горном Алтае с возрастом 5.8, 6.5, 11, 16 и 123 тыс. лет.

Автором впервые применен весь комплекс морфотектонических, геолого-структурных, литолого-седиментологических, палеосейсмологических, археосейсмологических, геоэлектрических, минералого-петрографических, изотопно-геохимических и геохронологических методов и методических приемов для анализа структуры, активной тектоники и палеосейсмичности внутригорных впадин севера Центральной Азии, и в этом уникальность данного исследования. Так, Е.В. Десевым установлено, что в пределах Курайской зоны разломов существуют ранее неизвестные разломные уступы, образовавшиеся в очаговых зонах сильных палеоземлетрясений ($M_w = 6.7–7.5$) с возрастом около 6.3, 5.7, 3.2 и 1.3 тыс. лет. Период повторяемости этих палеоземлетрясений составляет от 600 до 2500 лет. Кинематика установленных сейсмогенных разрывов указывает на уникальный для Горного Алтая факт – палеоземлетрясения связаны со взбросами, по которым отложения впадин смещаются в сторону Курайского хребта. Им также установлено и доказано, что происходит надвигание Теректинского хребта на Уймонскую впадину по зоне Южно-Теректинского разлома. Впервые автором доказано, что с этим разломом связаны очаговые зоны сильных палеоземлетрясений, произошедших в 7–8 вв. н.э. ($M_w = 7.4–7.7$) и около 16 тыс. лет назад ($M \geq 7$). Последнее послужило триггером для формирования сейсмогравитационных структур, образовавших плотину подпрудного озера в Уймонской впадине. Изучение сейсмиков в озерных отложениях и перекрывающих их осадках, подкрепленное определениями абсолютного возраста, позволило установить, что разрушение плотины и спуск озера связаны с землетрясением ($M \geq 7$) на рубеже около 6 тыс. лет.

Диссертантом установлено, что в Северном Прииссыккулье произошли три ранее неизвестных палеоземлетрясения, связанные с Аксуйской (~ 12.7 и 3 тыс. лет; $M_w = 6.3-6.7$) и Культорской сейсмогенными разломными зонами (XV–XVI вв. н.э.; $M_w = 6.8-7.3$).

Е.В. Деевым также доказано, что разломные уступы в западной части Иссык-Кульской впадины сформировались при надвигании Киргизского и Кунгейского хребтов на ее осадочное выполнение. Установлено, что подвижки по разломам генерировались землетрясениями с $M_w = 6.2-7.6$ в голоцене, ~ 13, 8 и 3 тыс. лет назад, а городища Сары-Булуи разрушены в XII в. при землетрясении с $I \geq 8$ баллов. В озерных отложениях четвертичной антиклинали Боз-Бармак зафиксированы горизонты сейсмиков, соответствующие семи землетрясениям с $M \geq 5-5.5$, произошедшим около 22 тыс. лет назад.

Несомненно, это далеко не полное перечисление всего того, что получил и доказал в диссертации лично автор, и что делает работу неординарной и незаурядной относительно многих других научных исследований.

Весьма высока теоретическая, методическая и практическая значимость диссертации, поскольку именно в этой научной работе решены многие спорные и не до конца решенные вопросы установления неотектонической и сеймотектонической активности территорий Центральной Азии, вопросы методического изучения сейсмогенных структур и до сих пор весьма экзотичные приемы археосейсмологии.

Высокая степень достоверности научных результатов Е.В. Деева обеспечена применением современных, принятых в мировом сообществе, методов морфотектонических, геофизических, литолого-седиментологических, палеосейсмологических, археосейсмологических, минералого-петрографических, изотопно-геохимических и геохронологических исследований, использованием современного оборудования.

Диссертация (общим объемом в 450 стр.) состоит из введения, 5 глав и заключения и включает в себя 275 рисунков, 12 таблиц, сопровождается всем необходимым справочным материалом, который содержит 561 библиографический источник.

Следует отметить, что текст диссертации тщательно выверен и отредактирован, написан хорошим научным языком и проиллюстрирован качественными рисунками, облегчающими чтение текста.

В 1-й главе рассмотрены методы исследования неотектоники и палеосейсмичности внутригорных впадин, проведен компетентный компилятивный обзор имеющихся морфотектонических и геолого-структурных методов, методов изучения сейсмиков и методов малоглубинной геофизики, а также археосейсмологических приемов.

Во 2-й главе автором рассмотрены основные черты морфотектоники и сеймотектоники Горного-Алтая и Северного Тянь-Шаня как элементов структуры севера Центральной Азии. Проанализированы этапы развития неотектонической структуры и описаны основные активные разломы крупных межгорных впадин.

В 3-й главе рассмотрены и приведены новые данные о палеосейсмичности юго-восточной, центральной и северной частей Горного Алтая. Определены основные зоны концентрации, параметры, положение очаговых зон и возрастные рубежи палеоземлетрясений.

В 4-й главе обобщены результаты авторских палеосейсмологических и археосейсмологических исследований в Прииссыккулье, которые позволили выявить

неизвестные ранее первичные и вторичные сейсмодислокации, деформации археологических памятников, связанные с сильными древними и историческими землетрясениями, определить параметры, повторяемость и возраст этих палеосейсмических событий.

И, наконец, в 5-й главе рассмотрены результаты исследования травертинов, формирование которых связано с достигающими поверхности подземными водами в пределах активных разломов Курайской зоны Горного Алтая в периоды их сейсмической активизации. Эти периоды коррелируются с эпохами дегляциации и деградации мерзлоты.

В заключение хотелось бы констатировать, что основными результатами работы являются новые данные о структуре и этапах развития впадин севера Центральной Азии, выявленные параметры палеосейсмичности ограничивающих их активных структур, установленные возрастные корреляции между эпохами травертинообразования и палеосейсмическими процессами. Полученные данные позволили на современном этапе решить научную проблему расширения и детализации сейсмической летописи, определения максимально возможных магнитуд и периода повторяемости землетрясений в целях оценки сейсмического режима и сейсмической опасности для рассмотренных территорий. Полученные решения поставленных в диссертации научных задач имеют ряд существенных преимуществ и выгодно отличаются от всех известных и опубликованных ранее.

Отдельные положения диссертации Е.В. Деева неоднократно обсуждались и докладывались на многочисленных всероссийских и международных совещаниях, симпозиумах и конференциях. По теме диссертации автором опубликовано 132 работы, большая часть которых входит в рейтинговые списки изданий.

Автореферат полностью соответствует тексту и содержанию диссертации.

Несмотря на высокое мнение о выполненной работе, которая отличается от многих предыдущих исследований чрезвычайной скрупулезностью и тщательностью проработанного фактического материала, в ней обнаруживаются некоторые неточности в определении и корректности использованных данных и их интерпретации.

Нам кажутся сомнительными утверждения автора о возможности определения предельной магнитуды произошедших землетрясений с $M = 5.0-5.5$ по косвенным признакам. Приводимые в работе примеры деформаций коллювиальных глыб, деформирующих кольцевую крепицу кургана (стр. 250), не являются убедительными и обоснованными.

Малообоснованными представляются приводимые в таблице 3.6 (стр. 257) магнитуды палеоземлетрясений (с возрастом 150 и 90 тысяч лет?), оцениваемые автором в диапазоны $M=5.0-5.5$ для Катунского разлома, устанавливаемые по малоамплитудным смещениям в 20-25 см. В работах основателей сибирской школы палеосейсмологии (В.П.Солоненко, В.С.Хромовских) было показано, что при стандартных глубинах сейсмического процесса во всей Восточной Сибири лишь землетрясения с магнитудой $M=6.5-7.0$ могут обеспечить выход сейсморазрыва на поверхность. Тем более, для приводимых палеоземлетрясений в Катунской зоне разлома местоположение очаговой зоны не определено.

Вряд ли уместна расчетная формула, приводимая из работ классиков современной палеосейсмологии (Wells, Koppersmith, 1994), для определения предельной магнитуды палеоземлетрясения в $M=6.8$, базирующегося на величине одномоментного смещения по

разрыву в 40 см (стр. 316) в борту Алабаш-Конуроленской впадины. На наш взгляд, одномоментные смещения по разлому в 20-40 см находятся за гранью возможностей палеосейсмологических методов и поэтому должны рассматриваться как «suspect structures».

Весьма экзотично доказательство тесной связи процессов травертинообразования с сейсмическими явлениями и высокой активностью. Возможно, это имеет место в структурах Горного Алтая, но в таком случае нужно было бы привести примеры тесной связи полей травертинов с регистрируемой сейсмичностью. В этом плане рис. 5.2 на стр. 374 не служит убедительным доказательством тесной генетической связи этих явлений, так как из него следует, что весь сейсмический процесс протекает в пределах Северо-Чуйского хребта, в то время как массовое развитие травертинов имеет место в пределах Курайского хребта, где нет высокой сейсмичности. Конечно, наличие травертинов тесно связано с разломами в земной коре, которые служат источниками выхода минеральных вод на поверхность, но вряд ли появление травертинов всегда свидетельствует о тесной связи с сейсмичностью.

Все приведенные замечания, скорее, свидетельствуют о некоей нерешенности затронутых вопросов и ни в коей мере не принижают достоинств проделанной работы.

Резюмируя, можно констатировать, что Деевым Евгением Викторовичем выполнено большое научное исследование, которое полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а сам он в силу высокой компетентности и научной квалификации достоин присвоения искомой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности: 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.

Главный научный сотрудник лаб. инженерной сейсмологии и сейсмогеологии ИЗК СО РАН, д.г.-м.н., профессор

В.С. Имаев

Отзыв рассмотрен на заседании Ученого совета ИЗК СО РАН 12 марта 2019 г. (протокол № 2) и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь ИЗК СО РАН,
к.г.-м.н



Р.И. Дорофеева

Подпись	<u>Имаева В.С.</u>
	<u>Дорофеевой Р.И.</u> заверяю
Ведущий инспектор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук	
« <u>12</u> »	<u>03</u> 20 <u>19</u> г.