

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
Стрельникова Андрея Андреевича на тему
«Параметризация палео- и исторических землетрясений Иссык-Кульской впадины,
северный Тянь-Шань»
по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика»

Диссертация А.А. Стрельникова посвящена изучению весьма важной научной проблемы – уточнении оценки сейсмической опасности на примере Иссык-Кульской впадины и прилегающих территорий с помощью современных методов палео- и археосейсмологии, а также определении роли предгорных разломов и режима проявления сейсмичности данной территории во времени.

Работа состоит из введения, четырех глав и заключения, список использованной литературы содержит 177 названий. Общий объем работы составляет 167 страниц, работа включает 66 рисунков, 3 таблицы.

Во **введении** кратко описывается степень разработанности темы, обоснована актуальность работы, сформулирована цель, задачи и научная новизна исследований, фактический материал и методы исследования, представлены положения, выносимые на защиту, показан личный вклад автора и апробация работы.

Район оз. Иссык-Куль – место постоянного проживания и интенсивной хозяйственной деятельности человека с древних времен. В связи с этим весьма важной задачей является определение параметров сейсмического режима и сейсмической опасности. Поскольку инструментальные наблюдения охватывают период около 100 лет, весьма важной и актуальной задачей является исследование сейсмического режима, морфоструктурными, 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

Формулировка **целей и задач** в целом дает возможность понять логику исследования и четкую последовательность действий, которые автор считает необходимым выполнить для решения поставленной проблемы.

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 палео- и археосейсмологии: анализ геологических карт и космических снимков, использование аэрофотосъемки с помощью беспилотного летательного аппарата, траншейные исследования разломных уступов, анализ

археообъектов, отборы проб на ^{14}C определение возраста отложений, оценка магнитуд палеоземлетрясений по параметрам сейсмогенных разрывов с помощью корреляционных соотношений, гранулометрии, анализа сейсмиков.

Диссертация характеризуется значительной **новизной**, которая связана, прежде всего, с более полным и детальным, чем ранее, изучением Иссык-Кульской внутригорной котловины и прилегающих территорий с точки зрения современной архео- и палеосейсмологии, с корректировкой (до 9-ти балльного уровня) оценки сейсмической опасности регионов на юге и востоке впадины, с выявлением кластеризации землетрясений прошлого во времени, с приуроченностью очагов сильных палеоземлетрясений к предгорным (адырным) разломам.

В **главе 1** приводится описание Иссык-Кульского региона, его палеогеографическое и геологическое развитие, история изучения сильных землетрясений, а также методы исследования палеосейсмодислокаций в районах сейсмоактивных разломов.

Глава 2 посвящена изучению очагов сильных исторических и палеоземлетрясений севера Иссык-Кульской впадины на примере трех районов. Описываются результаты палео- и археосейсмологических исследований объектов западной части Культурского разлома: смещенного по разлому мегалита в ур. Чет-Койсуу и подводных построек у с. Курское. Приводится исследование Культурского разлома и прилежащего участка предгорий хребта Кунгей Ала-Тоо: описывается и убедительно доказывается сейсмическая активность вдоль зоны предгорного (адырного) разлома, сейсмические деформации археологических памятников, образование компенсационных грабенов в тылу надвигов и результаты изучения строения уступов с помощью палеосейсмологических траншейных исследований. Описываются сейсмодислокации вдоль Аксуйского рампового грабена, исследуется возраст сейсмогенных подвижек по Аксуйскому разлому по данным датирования разорванных террас и исследуется разрыв поверхности вдоль Чон-Аксуйского (западного) и Аксуйского (восточного) сегментов зоны проявления Кебинского (Кеминского) землетрясения 1911 г. Показано, что краевой Аксуйский разлом является долгоживущим: по нему выявлено 8 палеоземлетрясений в позднем голоцене.

Изложенный в главе 2 (а также главе 4) материал позволяет сформулировать **первое** защищаемое положение, которое представляется в достаточной степени **обоснованным и доказанным**.

Глава 3 посвящена характеристике очагов сильных исторических и палеоземлетрясений юга Иссык-Кульской впадины. Рассматривается Ала-Баш-Конур-

Оленская впадина и её южное предгорное (адырное) обрамление, приводятся особенности тектонических движений во впадине, исследуются сейсмоуступы и компенсационный грабен в тылу надвига, приводятся результаты археосейсмологического изучения: деформации Ала-Башской крепости, деформаций средневековых кумбезов и калмыкских захоронений. Анализируются активные структуры и приуроченные к ним очаги палеоземлетрясений юго-востока Иссык-Кульской впадины – Оргочорской и Малая Оргочорской антиклинали, антиклиналей Бир-Баш, Сухой Хребет, Ичкетосма и Тосма. Достаточно убедительно показано, что современные проявления активной тектоники и сейсмической активности на юге Иссык-Кульской впадины приурочены к предгорным (адырным) поднятиям, образование надвиговых сейсмоуступов в предгорьях сопровождается формированием компенсационных грабенов в их тылу, формирование предгорных (адырных) структур на юге и юго-востоке впадины связано с подвижками по магистральному Иссык-Кульскому разлому.

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

В главе 4 обсуждаются основные полученные результаты и параметризация землетрясений на территории Иссык-Кульской впадины, т.е. по смыслу это главное обобщение данной работы. Описываются очаги древних землетрясений в северной части Иссык-Кульской впадины, показывается (на примере зоны Культорского краевого активного разлома) приуроченность очагов сильных палеоземлетрясений к предгорным (адырным) разломам, обосновываются оценки возраста сейсмоуступов и магнитуды образовавших их землетрясений, оценивается сейсмическая и пересматривается опасность прибрежных территорий Иссык-Кульской котловины. Дается характеристика сейсмической активности южных предгорных (адырных) разломов и внутривпадинных поднятий восточного борта Иссык-Кульской котловины. На основании оценок возраста и величины установленных в работе и по литературным данным палеосейсмических событий делается вывод об определенной кластеризации во времени сейсмической активности, связанной с активными разломами.

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

В заключении формулируются основные результаты диссертации. Работа производит в целом хорошее впечатление. Защищаемые положения кратки и четки. Полученные в работе результаты имеют несомненное **практическое значение**, которое состоит в уточнении (до 9-бального уровня) оценки сейсмической опасности отдельных участков Иссык-Кульской впадины и прилегающих территорий и динамики сейсмичности

региона во времени, а также некоторое теоретическое и методическое, заключающееся в определении роли предгорных (адырных) разломов в генерации землетрясений.

Однако к работе есть весьма существенные **замечания**.

Главное замечание – структура работы, компоновка материала. Многие недочеты следуют из этого главного недостатка.

Первое защищаемое положение сформулировано в конце 2 главы. Но в самой главе 2 так четко временные периоды, приведенные в ЗП1 не названы, скорее это приводится (вполне убедительно и доказательно) в главе 4. Т.е. из главы 2 прямо ЗП1 не вытекает так четко. Кроме того, само ЗП1 можно понять и как констатацию продолжительности периодов активизаций и затишья (достаточно обосновано), и как некоторое обобщение о режиме сейсмичности региона вообще, что гораздо менее обосновано, т.к. выявленных двух периодов активизации, разделенных периодом затишья недостаточно для обобщения на более продолжительные интервалы времени.

Существенным недочетом работы является раздел 1.3, посвященный методике. Он достаточно короток и несколько поверхностен, и в то же время многие методические аспекты не вполне ясны и/или рассеяны по другим разделам. Некоторые фрагменты методики археосейсмических исследований и аргументы, подтверждающие выводы, повторяются (иногда буквально) при описании разных объектов исследования разных разделах, чего можно было избежать, изложив необходимые методические сведения в данном разделе, и потом ссылаться на них по мере надобности.

Не вполне ясно описаны (стр. 24–25) методы оценки магнитуд и интенсивности палеоземлетрясений на основе эмпирических зависимостей между ними и параметрами сейсмогенных разрывов (по Wells, Coppersmith, 1994), а это весьма важная часть работы. В формулах (1) и (2) не дается расшифровка обозначений, по каким параметрам проводится оценка (нужно догадаться, что по величине сейсмогенной подвижки и длине разрыва), неясно даже, какая магнитуда оценивается (за всем этим читатель должен обратиться к первоисточнику). В формуле (1) использованы коэффициенты регрессионных зависимостей для всех типов разломов (что указано в работе), а в (2) – для взбросов (это никак не обсуждается, нужно догадаться). Кроме того, магнитуда землетрясения – характеристика его силы в очаге, а оценка магнитуды по поверхностным проявлениям (что проводится в работе) должна в общем случае зависеть от расстояния до очага и его глубины. По поверхностным проявлениям логичнее оценивать интенсивность. В работе это никак не оговаривается и не обсуждается, а интенсивность, насколько можно понять, оценивается по магнитуде.

Методы оценки параметров палеоземлетрясений с помощью исследования сейсмитов и гранулометрии вовлеченных в сейсмическое разжижение осадков только упоминаются, но практически никак не раскрываются и не поясняются, хотя результаты этого используются в работе. Про использование сейсмитов – ссылка в главе 3 на работу (Parathanassiou et al., 2005) по Эгейскому региону, и никакие методические аспекты не обсуждаются.

Термин «сейсмоуступ» в работе впервые использован на стр.25 (без пояснений), но подробнее автор к ним обращается только в гл. 3., хотя это одно из основных понятий и объектов в работе. Не описано (методически) как и чем доказывается, что исследуемый объект именно *сейсмоуступ*.

Глава 4 производит впечатление, что это отдельная статья, действительно обобщающая (но и в значительной степени повторяющая) результаты, приведенные в предыдущих главах, и добавляющая материал. Причем эти результаты сначала кратко приводятся в начале главы, а уже потом дается описание того, как они получены и т.д. Но из-за этого в диссертации получаются повторы, иногда буквальные (стр. 20 и 21, стр. 35 и 121, целый ряд других).

В работе неоднократно делаются оценки магнитуд одних и тех же палеоземлетрясений с помощью соотношений (1) и (2), но далее не обсуждается, зачем это делается и что означает сходство или различие полученных оценок.

Еще ряд более мелких замечаний. Стиль ссылок – где-то в (), а где-то в []. Отсутствуют ссылки на источники некоторых данных, которые приведены в работе, в т.ч. на ранние «исторические» работы (на стр. 22, 31, 32, и др.). Нет ссылок на авторство фотографий. Ряд археологических терминов (*кромлех* и т.п.) нуждается в пояснении. Не все упоминаемые структуры видны на общих схемах. В работе часто упоминается «сако-усуньский», «калмыкский», «тюркский» и т.п. век или возраст, что следует пояснять, т.к. не все ориентируются в древней и средневековой истории Азии. Название раздела 2.3.2. содержит «...сегментов Кебинского (Кеминского) землетрясения», что это – неясно, вероятно, имеется в виду сегменты сейсмогенного разрыва?

Отметим, что автореферат выстроен более логично и четко (хотя также не свободен от недостатков). В результате структура автореферата несколько отличается от структуры диссертации, но при этом содержание соответствует.

Однако указанные недостатки, хотя и несколько портят впечатление от работы, не умаляют значимости диссертационного исследования. В целом все результаты, выводы, полученные в работе, а также положения, выносимые на защиту, являются в достаточной степени **обоснованными и достоверными**.

Диссертация А.А. Стрельникова представляет собой законченное исследование, выполненное на хорошем научном уровне. Автореферат в основном соответствует содержанию диссертации. Полученные результаты прошли апробацию на всероссийских и международных научных конференциях и совещаниях. По теме диссертации опубликовано (в соавторстве) 20 работ, из них 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика», включая 6 статей в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе WoS. Эти научные публикации в полной мере отражают содержание исследований, основные выводы и защищаемые положения диссертации. В диссертации отсутствует недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Личный вклад автора отражен в работе в полной мере. Результаты диссертации могут использоваться при проведении неотектонических и сеймотектонических исследований.

Диссертационная работа А.А. Стрельникова 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 оценки сейсмической опасности Иссык-Кульской впадины.

Таким образом, соискатель Стрельников Андрей Андреевич заслуживает присуждения 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) 9392551, e-mail: zakharov@geol.msu.ru

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



апреля 2022 г.