

**Национальная академия наук Кыргызской Республики
институт геологии им М.М. Адышева**

**Национальная академия наук Кыргызской Республики
институт сейсмологии**

Диссертационный совет Д 25.23.677

На правах рукописи
УДК 550.3;415.550.42(575)

Мукамбаев Айдын Серикович

**Современная сейсмичность и палеосейсмология Восточного Тянь-Шаня и
Джунгарии**

25.00.01 – общая и региональная геология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Бишкек – 2025

Работа выполнена в лаборатории «Оценка сейсмической опасности» института сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Научный руководитель: **Абдрахматов Канатбек Ермакович**
доктор геолого-минералогических наук,
профессор, член-корреспондент
Национальной академии наук Кыргызской
Республики, г. Бишкек

Официальные оппоненты: **Жаймина Валентина Яковлевна**
доктор геолого-минералогических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории
Стратиграфии Института геологических наук
им. К. И. Сатпаева, Республика Казахстан,
г. Алматы

Туркбаев Пазылбек Борубаевич
кандидат геолого-минералогических наук,
доцент, старший научный сотрудник отдела
науки Кыргызско-Российского Славянского
университета им. Б.Н. Ельцина, Кыргызская
Республика, г. Бишкек

Ведущая организация: Республиканский Центр сейсмологической
службы при Национальной академии наук
Азербайджана, адрес: г. Баку, AZ1001, ул. Н.
Рафибейли 25.

Защита состоится 23 мая 2025 года в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 25.23.677 при Институте геологии им. М. М. Адышева Национальной академии наук Кыргызской Республики, Институте сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики по адресу: 720040, г. Бишкек, бульвар Эркиндик, 30. Ссылка для доступа к видеоконференции защиты диссертации: <https://vc.vak.kg/b/252-whl-gq7-1dj>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Института геологии им. М. М. Адышева Национальной академии наук Кыргызской Республики, по адресу: 720040, г. Бишкек, бульвар Эркиндик, 30; Института сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики, по адресу: 720060, г. Бишкек, ул. Токомбаева 7/8 и на сайте Национальной аттестационной комиссии при Президенте Кыргызской Республики: https://stepen.vak.kg/d_25_23_677/130448/

Автореферат разослан «19» апреля 2025 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат географических наук, доцент



Токторалиев Э.Т.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Изучение активных тектонических процессов представляет важнейшую часть фундаментальных исследований в науках о Земле. Изучение активных разломов, которые отчетливо проявлены в рельефе, в силу их геологической молодости, позволяет не только количественно охарактеризовать параметры разломов, но наиболее полно и всесторонне представить общие и частные закономерности распределения деформационных структур разного типа и разной степени напряженности на поверхности Земли (Трифонов В. Г., г. Москва, СССР, 1978г.).

На территории Казахстана район Северного Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау является одним из наиболее сейсмически активных. В этом районе выделены зоны с максимально возможной магнитудой более 8, а ожидаемая сейсмическая интенсивность сотрясений может достигать 9–10 баллов. Однако, как показывают современные данные, оценка сейсмической опасности по ряду причин, была занижена. Например, согласно карте сейсмического районирования 1998 года, включенной в Строительные нормы и правила Республики Казахстан (СНиП РК 2.03-04-2001), в регионе Восточного Казахстана тектонические структуры северо-восточного направления не выделялись и, соответственно, их сейсмическая опасность не оценивалась. В 2003 году была составлена следующая карта сейсмического районирования территории Казахстана (СНиП РК 2.03-30-2006), где такие структуры появились (за исключением Лепсинского разлома), но их опасность также недооценивалась.

Известно, что оценки сейсмической опасности базируются на детальных исследованиях основных активных разломов, а также современной и исторической сейсмичности региона. Привлекаются также данные по инструментальным наблюдениям в изучаемом регионе, которые помогают следить за тенденциями развития сейсмического процесса.

Для улучшения имеющихся исторических каталогов землетрясений в целях повышения достоверности оценки сейсмической опасности территории Джунгарии, а также обеспечения возможности лучше понять природу некоторых наблюдаемых геодинамических проявлений в этом регионе, использованы новые данные, полученные в последние годы разными исследователями о палеоземлетрясениях и результатах релокации гипоцентров известных сильных землетрясений Северного и Восточного Тянь-Шаня.

Необходимость проведения исследований по выявлению и картированию активных разломов является весьма актуальной в связи с планами освоения территорий, прежде всего, в оценке связанной с ними сейсмической опасности с целью обеспечения нормального бесперебойного функционирования инфраструктурных объектов и, прежде всего, безопасности людей.

Связь темы диссертации с приоритетными научными направлениями, крупными научными программами (проектами), основными научно-исследовательскими работами, проводимыми

образовательными и научными учреждениями. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с основной научно-исследовательской темой Института сейсмологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики «Оценка сейсмической опасности и сейсмического риска на территории Кыргызской Республики» (2012–2014гг.) по разделу: «Оценка сейсмической опасности и сейсмического риска по геологическим данным»; проектом по созданию модели землетрясений Центральной Азии (EMCA), являющегося составной частью глобального проекта GEM – «Глобальная модель землетрясений» (2011-2014гг.); проектом МНТЦ KR2398 «Унифицированный бюллетень и оценка сейсмической опасности территории Центральной Азии» (CASHA-BU) (2018-2023гг.); проектами по Созданию информационной основы сейсмологической базы данных для составления: карт общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан (2014–2016гг.), карты детального сейсмического зонирования территорий Восточного Казахстана (2021–2022гг.).

Цели и задачи исследования. Основной целью настоящей работы являлась переоценка сейсмической опасности территории Восточной Джунгарии на основе данных об активных разломах.

Задачи исследования:

1. сбор палеосейсмологической информации об очаговых зонах сильнейших землетрясений, имевших место в зоне Джунгарского разлома с учетом данных о современной сейсмичности района;
2. анализ современной сейсмичности района исследования;
3. оценка сейсмической опасности зоны Джунгарского разлома;
4. выявление потенциальных сейсмогенерирующих структур на основе полученных данных.

Научная новизна полученных результатов исследования заключается в обосновании научно-методических мер для уточнения уровня сейсмической опасности с учетом результатов современных палеосейсмологических работ.

• Впервые для территории Восточного Казахстана оценена сейсмическая опасность главнейших разломов этого региона (Джунгарский и Лепсинский разломы).

• Установлено, что Джунгарский разлом и соседний с ним разлом Лепсы, возможно, «вспарывались» вместе, что привело к необычно высокому отношению величин смещения к длине, которое ранее предполагалось из поверхностного разрыва на разломе Лепсы. Результаты по определению возраста указывают на то, что самое последнее землетрясение для двух разломов произошло 2000–4000 лет назад. Потенциальные максимальные магнитуды землетрясений оценены, как M_w 8.2 и 8.4 соответственно для Джунгарского разлома отдельно или в сочетании с разломом Лепсы, что было бы одними из самых сильных из предполагаемых континентальных землетрясений.

• Полученные данные позволяют пересмотреть отношение к вопросу о возможности возникновения сильных землетрясений в равнинных частях Казахстана. Как показывают наши данные, в пределах равнинной части

Казахстана, прилегающих к Тянь-Шаню, могут возникать сильные события с очень редкой повторяемостью. Это также позволит уточнить оценку сейсмической опасности указанной территории.

Практическая значимость полученных результатов. Результаты исследования могут быть использованы при оценке сейсмической опасности территории Восточного Казахстана.

Экономическая значимость полученных результатов заключается в снижении потенциального ущерба от разрушительных землетрясений, учтённых при обновлённой оценке сейсмической опасности. В случае сильных сейсмических событий (магнитудой M_w 7.5–8.4) в равнинных районах, прилегающих к Тянь-Шаню, прямой экономический ущерб может составлять от 100 млн до нескольких миллиардов долларов США — включая разрушение жилого фонда, объектов инфраструктуры, социальных учреждений, а также затраты на восстановительные работы. Применение результатов оценки позволяет существенно сократить эти потери за счёт проектирования сейсмостойких объектов, грамотного зонирования территорий.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Основные разломы Джунгарии (главный Джунгарский и Лепсинского разломы) генерируют сильные землетрясения с магнитудой 8.2–8.4;
2. Установлено, что в Джунгарии около 400 лет назад имели место два отдельных сильных землетрясения — Лепсинское и Текесское, с магнитудами 7.5–8.2 и 7.5, это опровергает факт о единственном событии, которое ранее отнесено на территорию Кокшальской зоны Южного Тянь-Шаня;
3. При оценке сейсмической опасности необходимо учитывать данные, охватывающие значительно длительный период, чем инструментальные наблюдения, поскольку в стабильных регионах, как показывает пример Лепсинского разлома, могут быть активные и потенциально опасные структуры;
4. Выявлен факт сходного сценария в проявлении главных толчков и их афтершоков у землетрясений в разных областях Джунгарии;
5. Анализ сейсмичности зоны разлома и сегментация эпицентров позволяют выделить наиболее активные участки.

Личный вклад соискателя состоит в выполнении всех этапов работ, включая:

- обзор отечественных и зарубежных источников литературы по теме исследования;
- сбор, анализ и обработку спутниковых данных, проведение полевых работ в зонах Джунгарского и Лепсинского разломов с замерами величины смещений, отбором образцов для определения возраста подвижек и т. д.;
- построение цифровых моделей развития приразломного рельефа в зонах основных разломов Джунгарии и оценка сейсмической опасности этого региона;
- распознавание природы сейсмических источников на территории Казахстана и приграничных районов Китая, релокация сейсмических событий

с применением региональных скоростных моделей в программном обеспечении Международного Сейсмологического Центра ISCLOC;

– составление унифицированного каталога землетрясений с новыми данными о палеоземлетрясениях, оцифровка и построение различных тематических карт и графиков с применением современных программных средств как ArcGIS, QGIS, GMT, PyGMT, Python и др.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертационной работы и ее отдельные части были представлены в виде докладов на конференциях и совещаниях: на международной конференции «Мониторинг ядерных испытаний и их последствий» в поддержку международного Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) (Алматы, 6-10 августа 2018г.); на международной конференции «Спитакское землетрясение 30 лет спустя: опыт и перспективы» (Ереван, 3-7 декабря 2018г.); на Генеральной ассамблее Европейского союза наук о Земле (EGU2020, 4-8 мая 2020г., онлайн); на международной конференции «Современные методы оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений для территории Республики Казахстан» (Алматы, 16-18 июня 2022г.); на международной конференции «Наука и технологии» (Вена, 2019г., 2021г., 2023г.); на X Международной конференции «Семипалатинский испытательный полигон: Наследие и перспективы развития научно-технического потенциала» (Курчатов, 12-14 сентября 2023г.); на XI Казахстанско-Китайском международном симпозиуме «Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска в Центральной Азии» (Алматы, 26-28 сентября 2023г.).

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. По материалам диссертации опубликованы 14 научных статей в печатных изданиях, рекомендованных в НАК КР, в том числе в издательствах, входящих в систему Web of Science, Scopus и РИНЦ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 196 наименований. Основное содержание представлено на 120 страницах, содержит 44 рисунка и 5 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ. Представлена актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, определены основные защищаемые положения, приводятся методы исследований, определена научная новизна, практическая и экономическая ценность работы, а также отмечены личный вклад соискателя, публикации, апробация результатов, кратко изложена структура диссертации.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. Представлен краткий обзор изучения территории Джунгарского Алатау, приведены сильные землетрясения Тянь-Шаня и Джунгарии, особенность конфигурации и представительность сетей сейсмического мониторинга.

Первые геологические исследования Джунгарии носили рекогносцировочный характер. К их числу относятся работы А.М. Шернка (г.

Санкт-Петербург, Россия, 1840), В. Влангали (г. Санкт-Петербург, Россия, 1853), И.В.Мушкетова (г. Санкт-Петербург, Россия, 1886), Г.Д. Романовского (г. Санкт-Петербург, Россия, 1878), Р. Закржевского (г. Омск, Россия, 1893), В. А. Обручева (г. Ленинград, СССР, 1940) и др., в которых отмечены общие контуры геологических разрезов и тектоники.

В 1906 году А.К. Майстер составил первую геологическую карту, в 1916 году под руководством Н.Г. Кассина производились геологические и гидрологические исследования и составлена геологическая карта масштаба 1:420000. В течение ряда лет (1933-1938гг.) в Джунгарском Алатау большую геологическую работу проводил М. М. Юдичев, который на основании личных наблюдений и работ других авторов составил геологическую карту масштаба 1:1000000 и написал монографию «Джунгарский Алатау» (г.Москва, г. Ленинград, СССР, 1940), где детально освещаются стратиграфия, тектоника и полезные ископаемые.

Территория Джунгарского Алатау изучалась многими выдающимися исследователями, такими как Сваричевская З. А. (г.Ленинград, СССР, 1952г.), Войтович В. С. (г. Москва, СССР, 1969), Курдюков К. В. (г. Москва, СССР, 1953), Галицкий В. В. (г.Алма-Ата, КазССР, 1957), Афоничев Н.А. (г.Алма-Ата, КазССР, 1960), Диденко-Кислицына Л. К. (г.Алма-Ата, КазССР, 1966, г.Алматы, Казахстан, 2006), Новиков И.С. (г. Новосибирск, Россия, 2014). Были выяснены основные особенности геоморфологии и новейшей тектоники указанного региона, разработаны и составлены местные схемы стратиграфии палеоген-неогеновых и четвертичных отложений, выявлены основные этапы развития рельефа и т. д.

За последние два столетия в пределах и вокруг Тянь-Шаня произошел ряд разрушительных землетрясений, к которым относятся: землетрясение Нилки 1812 года с $M_w 8.0$, землетрясение 1906 года Манас $M_w 7.7$, прилегающих к Борохоро-Шаню в восточных частях Тянь-Шаня (см. рис. 1.1, а). Северная окраина Тянь-Шаня, включая области, близкие к городам Бишкек и Алматы, были подвержены ряду сильных землетрясений, начиная с Беловодского 1885 года ($M_w 6.9$) с эпицентральной зоной к западу от Бишкека, а затем Верненского 1887 года ($M_w 7.3$), которое нанесло ущерб и привело к обширным оползням к западу от г. Алматы, Чиликского 1889 года ($M_w 8.0-8.3$) и Кеминское 1911 года ($M_w 8.0$). В западной части Тянь-Шаня в 1946 году произошло Чаткальское ($M_w 7.6$) и Суусамырское землетрясения (1992 г. $M_w 7.2$).

В окрестностях Джунгарского Алатау относительно мало крупных инструментально зарегистрированных землетрясений (см. рис. 1.1, а), но все же имеются многочисленные свидетельства значительных разрывов на поверхности в доисторическом прошлом, в том числе 120-километровый поверхностный разрыв со смещением $\sim 8-14$ м вдоль Лепсинского разлома и 70-километровый поверхностный разрыв со смещением 8 м в районе Текес (см. рис. 1.1, а), оба были предложены в качестве потенциальных источников сильного землетрясения в 1716 году.

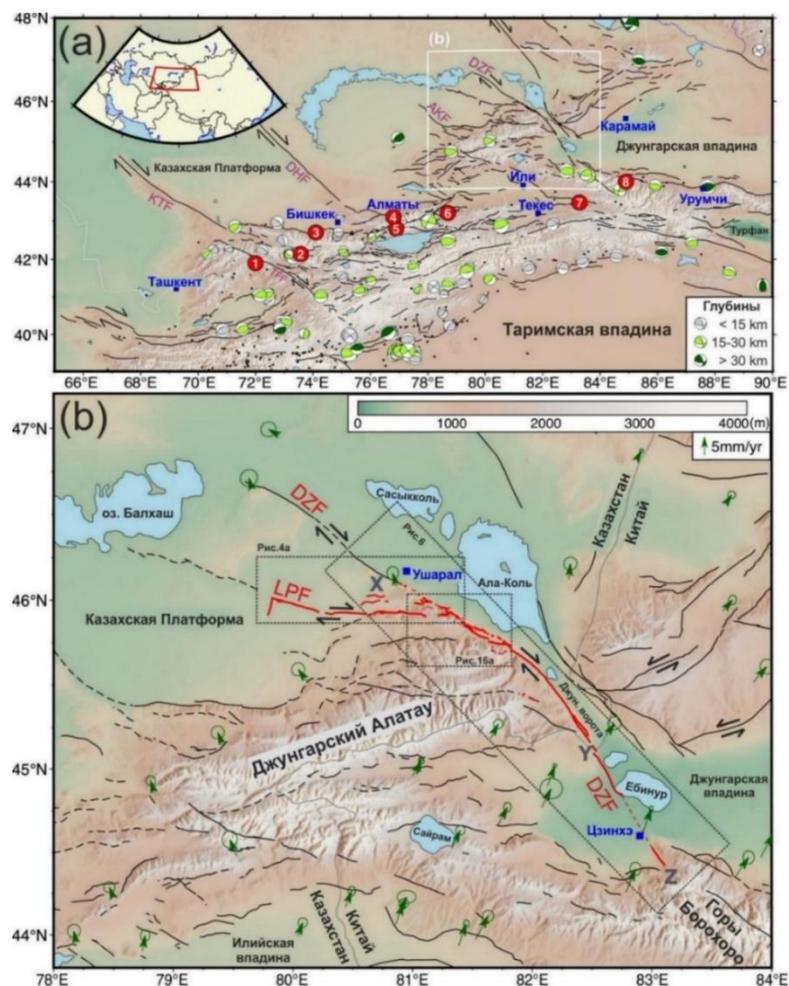


Рисунок 1.1. Топография, активные разломы, отдельные исторические землетрясения Тянь-Шаня и Джунгарии и векторы скорости GPS: (a) механизмы очагов землетрясений с $M_w > 5$; пронумерованные красные кружки - эпицентры разрушительных землетрясений: 1) Чаткальское 1946 г., 2) Суусамырское 1992 г., 3) Беловодское 1885 г., 4) Верненское 1887 г., 5) Чон-Кеминское 1911 г., 6) Чиликское 1889 г., 7) Нилки 1812 г. 8) Манасское 1906 г.; (b) красные линии - исследованные разрывные нарушения поверхности. Точки X и Y являются границами для трех основных участков (Северо-западный, центральный и юго-восточный). Охват спутниковых снимков *Pleiades*, используемых в нашем исследовании, простирается от точки X до Z. Голубые - города; KTF- Каратауский разлом, DNF-Жалайыр-Найманский разлом, AKF- Актасский разлом, DZF - Джунгарский разлом, TFF: Таласо-Ферганский разлом.

По данным GPS наблюдения Западный Тянь-Шань испытывает сокращение земной коры со скоростью 15–22 мм в год, что в два раза меньше общей скорости укорочения вследствие столкновения Индийской и Евразийской плит. Эта скорость укорочения уменьшается на востоке, в то время как параллельное левостороннее сдвигание увеличивается. Меридиональное сокращение обусловлено активными взбросами широтного простирания как на окраинах, так и внутри орогена. Крупные правые сдвиговые разломы, такие как Талас-Ферганский и Джунгарский, также могут способствовать укорочению за счет вращения блоков вокруг вертикальной

оси. В Джунгарском Алатау и к северу от горных районов укорочение составляет приблизительно 1–3 мм в год и 2 мм в год соответственно.

Одной из примечательных особенностей Южного, Юго-Восточного Казахстана (Тянь-Шань и Джунгарский Алатау), является наличие серии новейших разломов, которые начинаются от орогенической области и протягиваются в северо-западном направлении, вспарывая тело Казахской платформы (Восточно и Западно-Джунгарские, Жалаир-Найманский, Каратауский разломы (Войтович, Суворов, Курскеев) (см. рис. 1.1, а). Однако, несмотря на достаточно хорошую выраженность указанных разломов в рельефе, имеется весьма мало доказательств того, что эти разломы были активны в течение позднего плейстоцена-голоцена и еще меньше свидетельств того, что в пределах этих разломов происходили сильные землетрясения. Именно поэтому оценка сейсмической опасности этих разрывных структур часто занижена, а некоторые из таких разломов вообще не учтены при подобных исследованиях.

На рисунке 1.2 представлена карта расположения современных сейсмических станций сети Института геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан (ИГИ НЯЦ РК) и Национального научного центра сейсмологических наблюдений и исследований Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан (ННЦСНИ МЧС РК). В настоящее время в районе исследования (Джунгария) функционируют шесть сейсмических станций ННЦСНИ МЧС РК и две станции ИГИ НЯЦ РК.

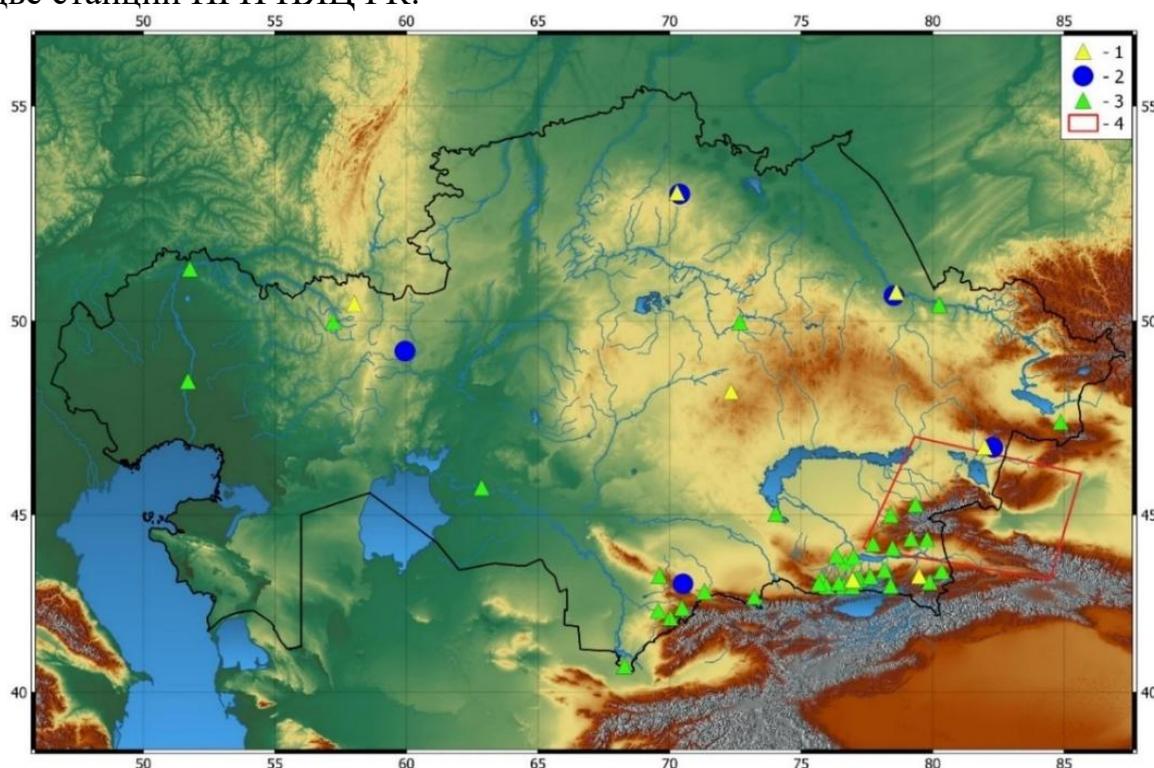


Рисунок 1.2. Карта расположения сейсмических станций сети ННЦСНИ МЧС РК и НЯЦ РК: 1 - трехкомпонентные станции сети НЯЦ РК; 2 - сейсмические группы сети НЯЦ РК; 3- трехкомпонентные станции ННЦСНИ МЧС РК; 4- граница района исследования «Джунгария».

Особенностью сети ИГИ НЯЦ РК является то, что она в основном состоит из сейсмических групп различной конфигурации. На рисунке 1.3 представлена конфигурация сейсмической группы Маканчи, состоящей из 9 элементов. Сейсмические группы отличаются наилучшими условиями для регистрации сейсмических сигналов среди всех казахстанских станций, характеризующимися низким уровнем сейсмических шумов в районе расположения. Сейсмические группы имеют несколько важнейших преимуществ по сравнению с трехкомпонентными станциями. Данные группы могут быть использованы для увеличения отношения сигнал/шум, что облегчает выделение сигнала на фоне помех. Группы также позволяют получить более точные оценки азимута прихода и кажущейся скорости сейсмических сигналов. Эта информация помогает увеличить точность локации источников сейсмических сигналов.

В настоящее время сеть сейсмических станций обеспечивает уровень представительной регистрации землетрясений для энергетических классов $K \geq 7.5$ на всей территории Северного Тянь-Шаня и Южной Джунгарии, $K > 6.0$ - в центральной части хребтов Заилийский и Кунгей Алатау и $K > 8.0$ - на территории юго-востока Казахстана. Для всей территории Казахстана обеспечена представительная регистрация землетрясений с $K_{\min}=8.6$.

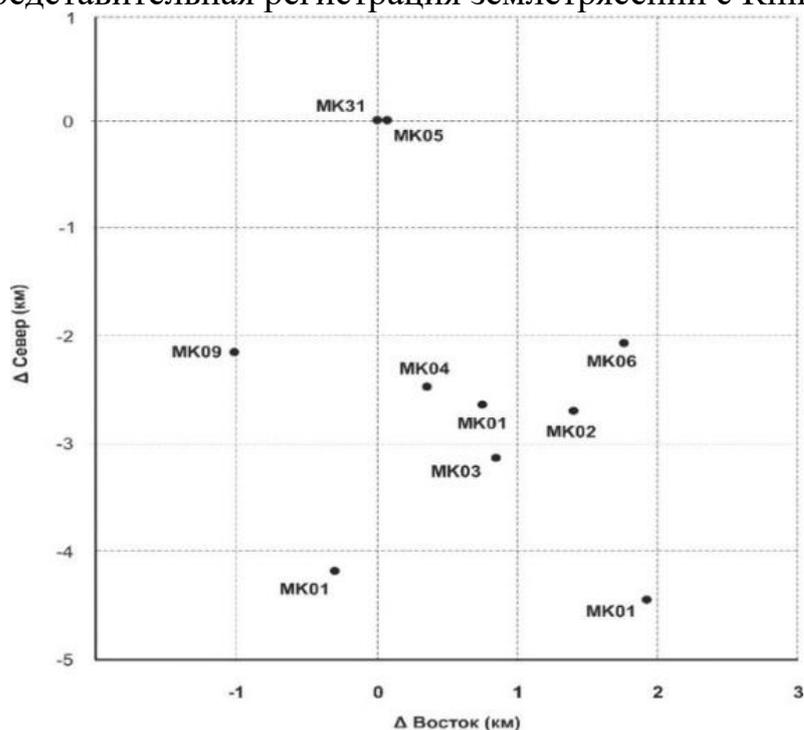


Рисунок 1.3. Конфигурация сейсмической группы Маканчи.

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются активные разломы, историческая и современная сейсмичность Джунгарии.

Предмет исследования: условия возникновения и характеристики крупных континентальных землетрясений восточного Тянь-Шаня, выявленных на территории Джунгарии.

Описаны каталоги землетрясений Центральной Азии, произведен пространственно-временной анализ и сегментация Джунгарского разлома.

Рассмотрены механизмы очагов землетрясений района исследования по данным региональных и глобальных Центров данных. Описаны полевые и лабораторные методы исследования палеоземлетрясений и датировки.

Для анализа сейсмичности района исследования использованы каталоги землетрясений Центральной Азии, созданные в рамках выполнения следующих международных проектов: «Оценка сейсмического риска в Центральной Азии» CASRI 2006-2009гг., «Модель землетрясений в Центральной Азии» EMCA 2009-2014гг., «Оценка сейсмической опасности в Центральной Азии и унификация бюллетеней» CASHA-BU 2018-2023гг. На рисунке 2.1 приведена обзорная карта эпицентров землетрясений с магнитудой $M_w \geq 4$, вошедших в каталог CASHA-BU.

Инструментальная регистрация землетрясений территории Джунгарии берет свое начало с 1940 годов. По мере увеличения количества станций (1980–2000 гг.) менялся уровень представительной регистрации сейсмических событий. Особенно резкое увеличение количества сейсмических событий и уменьшение уровня минимальной магнитуды наблюдается с 2002 года (см. рис. 2.2) - это связано с созданием специальной сети сейсмического мониторинга ИГИ НЯЦ РК и началом создания регионального сейсмологического бюллетеня в Центре данных ИГИ НЯЦ РК.

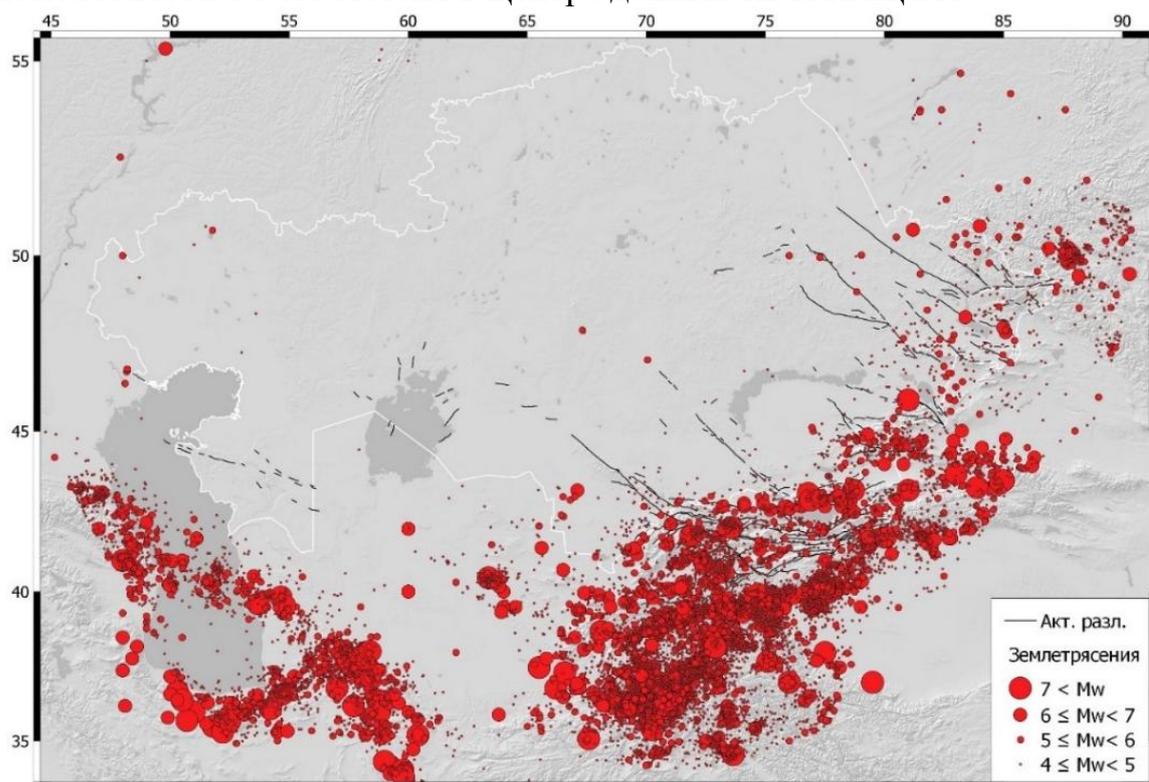


Рисунок 2.1. Карта эпицентров землетрясений Центральной Азии по данным каталога CASHA-BU (с исторических времен по 2017г. $M_w \geq 4$).

На рисунке 2.3. приведена карта активных разломов и эпицентров землетрясений Джунгарии с $M \geq 4$ по данным каталога EMCA (с древнейших времен по 2009 г.), штриховкой выделена зона шириной 50 км вдоль главного Джунгарского разлома, для которой проведен детальный анализа по данным каталога CASHA-BU (см. рис. 2.4). На основе изменения азимута простирания

произведена сегментация разлома и для каждого сегмента построены графики повторяемости (см. рис. 2.5). В инструментальный период в сегменте D происходили самые сильные землетрясения, и количество землетрясений в нем больше, чем в остальных (см. рис. 2.5). Это может свидетельствовать, что в настоящее время данный сегмент Джунгарского разлома находится в активной фазе. По данным ННЦСНИ и ИГИ НЯЦ РК землетрясения, очаги которых приурочены к Казахстанскому сегменту главного Джунгарского разлома в районе оз. Алаколь, имеют сдвиговый характер подвижек по обеим нодальным плоскостям. Оси напряжений сжатия и растяжения близгоризонтальны с близмеридиональной ориентацией сжатия и близширотной – растяжения. Подавляющее большинство землетрясений имеют одну из плоскостей северо-западного простирания, по которой происходил сдвиг, либо сдвиг с небольшой сбросовой компонентой (см. рис. 2.6, а). По данным GСMT в восточной части Джунгарского разлома преобладает близгоризонтальное субмеридиональное сжатие и тип подвижек взброс, взбросо-сдвиг (см. рис. 2.6 б).

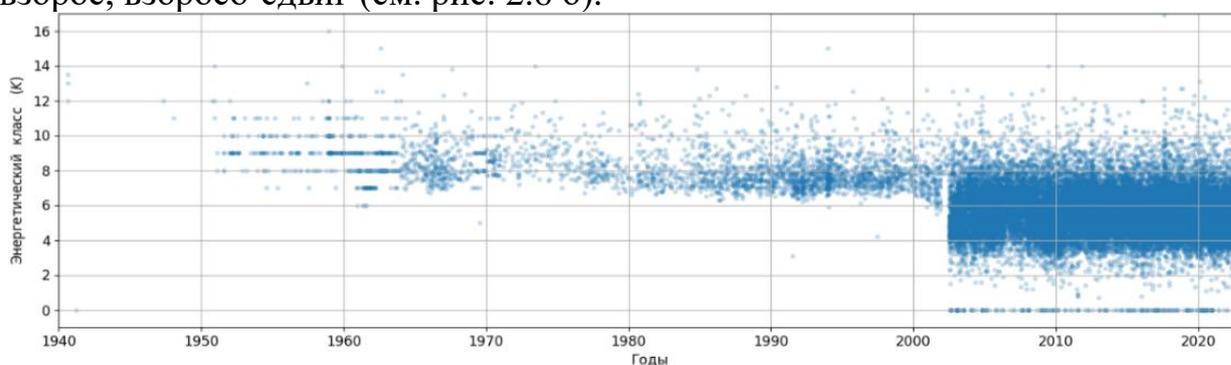


Рисунок 2.2. График полноты каталога землетрясений CASHA-BU для территории Джунгарии.

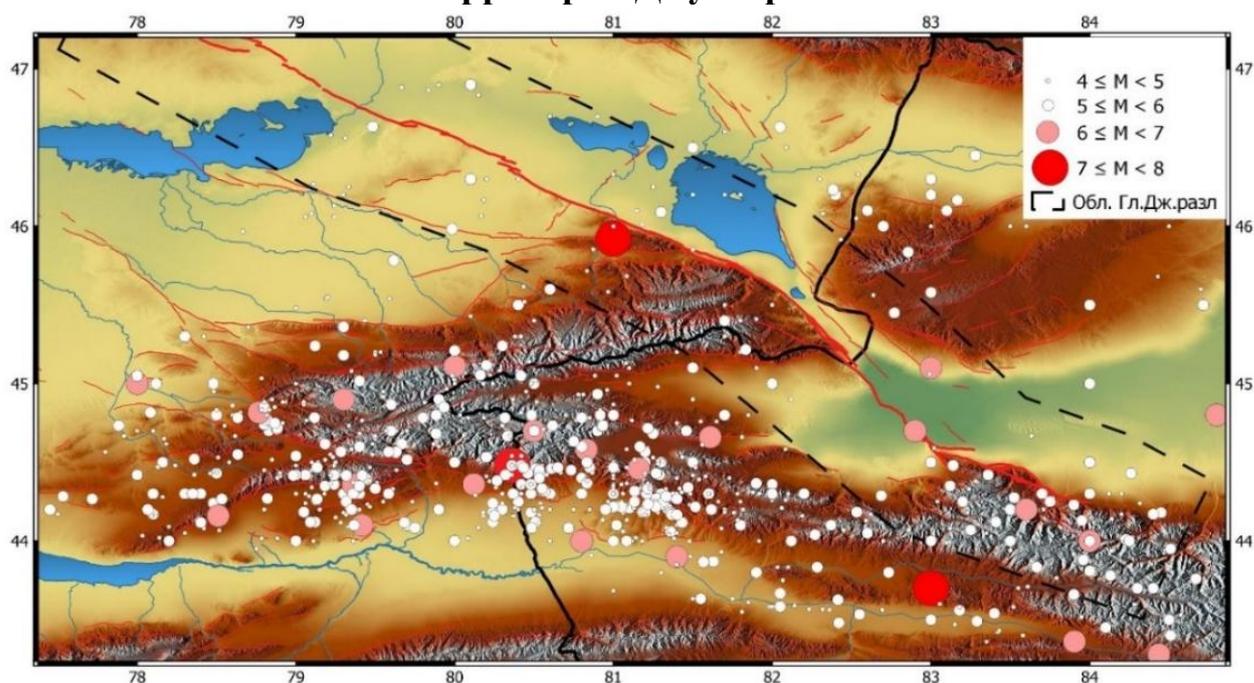


Рисунок 2.3. Карта эпицентров землетрясений с $M_w \geq 4$ (каталога ЕМСА) и активных разломов Джунгарии.

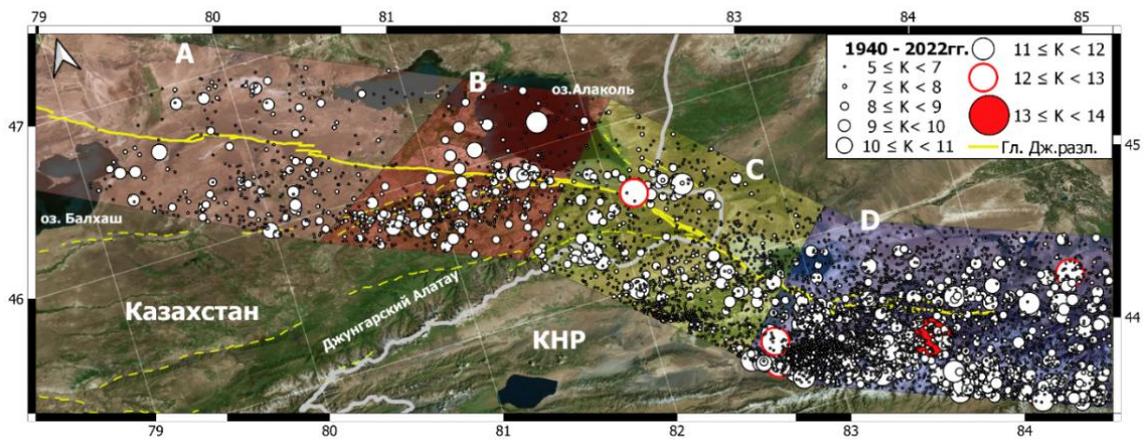


Рисунок 2.4. Карта эпицентров землетрясений с $K \geq 5$ (1940-2022гг.) района главного Джунгарского разлома.

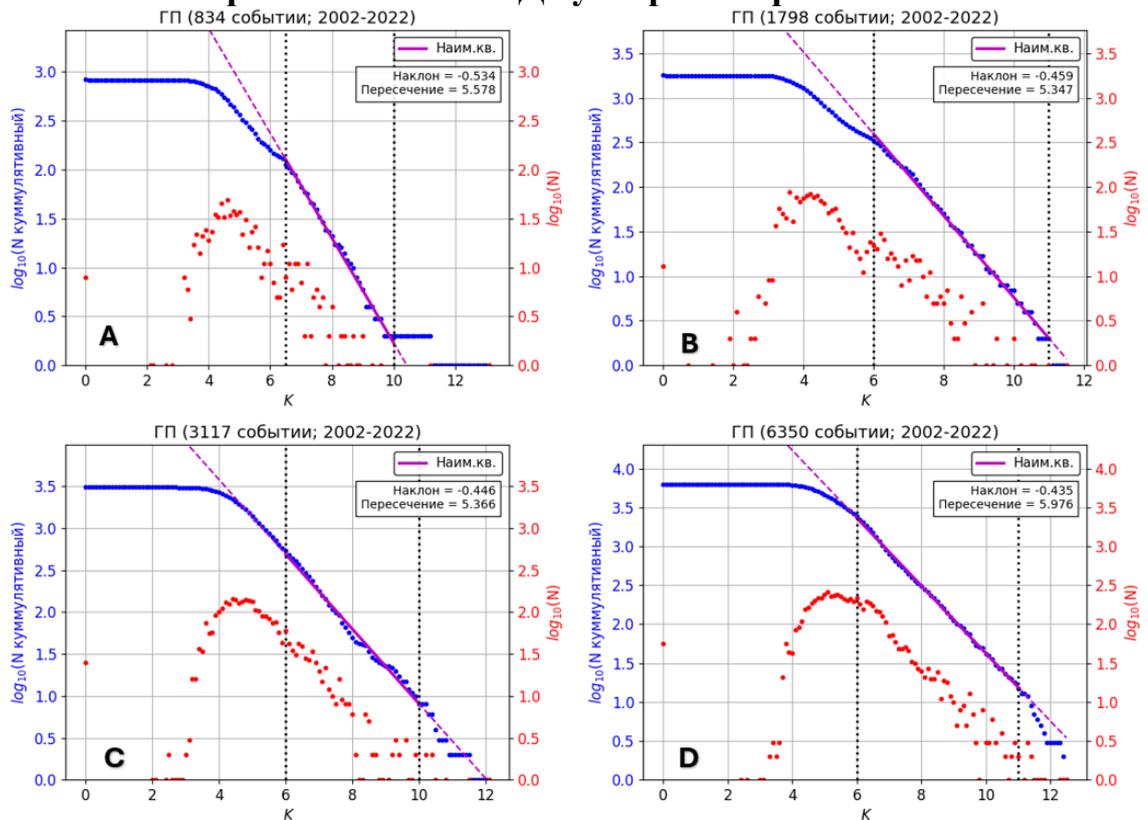


Рисунок 2.5. График повторяемости землетрясений района главного Джунгарского разлома. Сегменты А, В, С, D за 2002-2022гг.

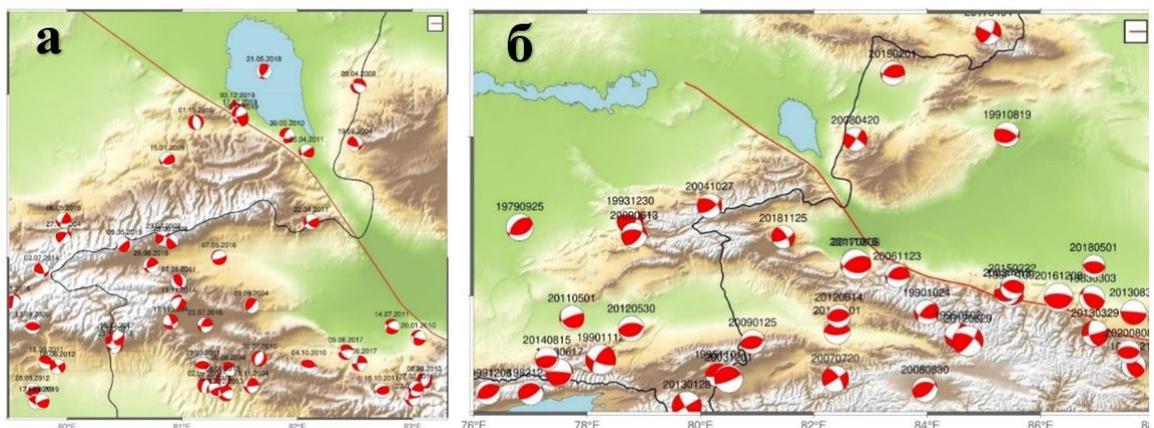


Рисунок 2.6. Карта механизмов очагов землетрясений Джунгаро-Северо-

Тянь-Шаньского региона (а) по данным каталогов ННЦСНИ и ИГИ, (б) по данным каталога GСMT.

Обработка изображений и сбор данных на местах. Данные по дистанционному зондированию Земли (ДЗЗ) объединены с полевыми измерениями разрывов поверхности. Используются снимки из открытых источников, таких как Google Earth и Bing, а также коммерческие оптические спутниковые данные Pléiades.

Для анализа рельефа местности использована цифровая модель рельефа (ЦМР) High Mountain Asia (НМА) с разрешением 8 м, предоставленная Национальным управлением по авионавигации и исследованию космического пространства (NASA). Эта ЦМР использована впервые для исследования поверхностных разрывов вдоль разлома Лепсы.

Получена ЦМР метрового разрешения на основе спутниковых снимков Stereo Pléiades вдоль Джунгарского разлома. Также составлен ЦМР с дециметровым разрешением ключевых участков на основе фотографий, сделанных в полевых условиях с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Измерение смещений разделялось на три категории по качеству (высокое, среднее и низкое) на основе извилистости и резкости русел. Каждое измерение было дополнительно включено в индивидуальную функцию плотности вероятности (PDF), отображаемую в виде треугольника с фиксированной площадью (см. рис. 2.7), и сложенную для формирования кумулятивной функции распределения вероятностей смещения (COPD), которая может быть использована для определения пиков в измеренных значениях смещения. Всего во время исследования было измерено 260 латерально смещенных русел, включая 179 русел вдоль южной части Джунгарского разлома, где подвижки преимущественно правосторонняя. Профили уступов измерены в полевых условиях методом дифференцированной GPS съемки (dGPS), либо извлекались из ЦМР с использованием инструмента Terrain Profile в программе QGIS по профилям длиной 100–200 м, ориентированными перпендикулярно уступам.



Рисунок 2.7. Измерение бокового смещения по руслам водотоков с использованием спутниковых изображений. (а) и иллюстрация того, как

каждое измерение отображается в виде треугольника для демонстрации его функции плотности вероятности (b).

Датировка четвертичных отложений произведена с помощью радиоуглеродного анализа ракушек брюхоногих моллюсков и постинфракрасного стимулированного люминесцентного анализа (post-IR IRSL) отдельных зерен К-полевого шпата из отложений (в лаборатории Университета Шеффилд, см. таб. 2.1).

Таблица 2.1 – Результаты радиоуглеродного и инфракрасно-стимулированного люминесцентного (IRSL) датирования.

Возраст по радиоуглеродному методу						
Образцы	Пункт	В.Д.	С.Ш.	Материал	Возраст (кал. лет до н.д.)	
RC1	Медвежья река	81.376	45.904	Ракушка улитки	515-460	
					345-340	
RC2	Медвежья река вверх по течению	81.364	45.897	Ракушка улитки	3975-3835	
Возраст по люминесцентному методу						
Образцы	Пункт	В.Д.	С.Ш.	Глубина (м)	Мощ. дозы (гр/кг)	Возраст (ка)
DZH1	Сегмент 3 грабен	81.660	45.751	0.65	3.91 ± 0.24	17.0 ± 1.1

Морфологическое датирование уступов использовано для оценки возраста их формирования. Принцип этого метода, рассмотренный Хэнксом, может быть применен только к уступам, образовавшимся при одном событии и основан на гипотезе о том, что уступ деградирует с течением времени под действием плоскостного смыва. Исходя из этого предположения, вычислен коэффициент смыва (коэффициент диффузии) (кт), выраженный в м² по профилю уступа, поперечному к простиранию уступа и прилегающих к нему поверхностей конусов выноса для каждого разлома. Использовано значение смыва 4.19±0.65 м²/куг, по оценке из близлежащего и климатически похожего района Борохоро-Шаня, чтобы рассчитать, как долго уступ размывался. Могут пройти сотни лет, прежде чем уступ перейдет к стадии плоскостного смыва от иных процессов деградации, таких как оседание и обрушение. В начале стадии плоскостного смыва начальный угол уступа (угол естественного откоса) принимается равным 30°–35°. В настоящей работе установлен начальный угол 35° и реализовано морфологическое датирование для «вероятных» одиночных уступов, которые показывают отсутствие перегибов на уступах или прилегающих поверхностях конусов выноса, которое могут быть результатом более ранних событий, приведших к формированию уступов. Этот метод применен только к профилям из измерений dGPS или из ЦМР, полученных с помощью дронов, которые лучше иллюстрируют морфологию уступа из-за более высокого разрешения.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ. *Лепсинский разлом* разделяется на восточную, центральную и западную части, границы которых определяются реками Шынжылы и Тентек. Восточная часть находится в Джунгарском Алатау и характеризуется высоким горным рельефом (см. рис. 3.1).

Восточная часть: Кэмпбелл и др. (2015) обнаружили смещение ряда оврагов с временными водными потоками и разделяющих их гребней. Водоток, запружен уступом высотой 9–13 м с правосторонним смещением 4–6 м. Радиоуглеродный анализ почвы из шурфа в пересохших прудах у озера Жаксыколь на глубине 1.05 м показал возраст 2000 лет (см. рис. 3.1). На спутниковых снимках свежие уступы прослеживаются на восток до долготы 81.2° на расстоянии около 10 км от выраженного в рельефе Джунгарского разлома.

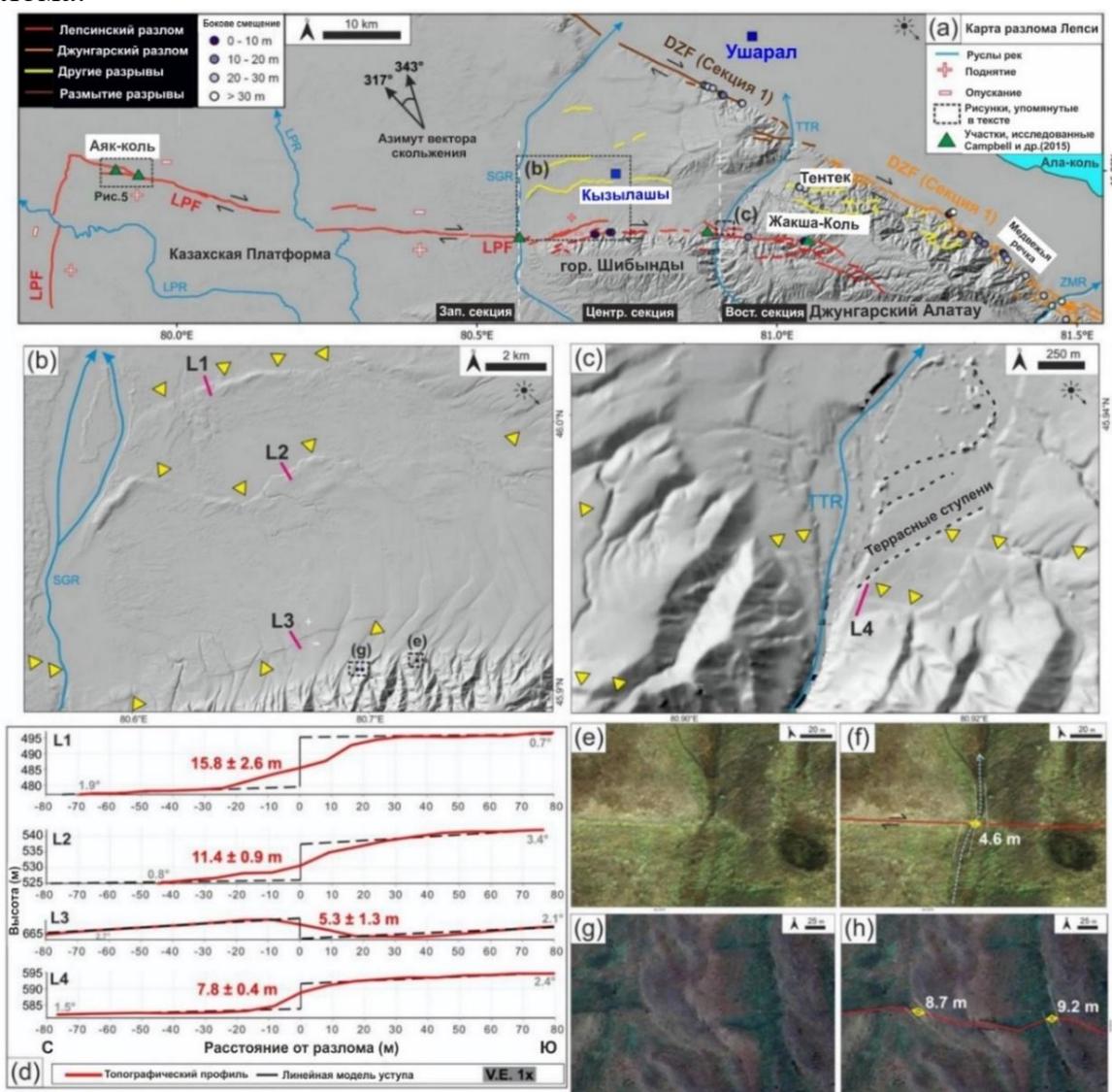


Рисунок 3.1. Карта района Лепсинского и Джунгарского разлома:
 (а) Цифровая модель рельефа (ЦМР НМА), показывающая Лепсинский разлом (красная линия) и часть Джунгарского разлома (оранжевая линия). Свежие уступы, определяемые по непрерывному уклону $>30^\circ$, отмечены желтым цветом. Белые пунктирные линии разделяют три основных участка разлома

Лепсы. Места измерения бокового смещения показаны фиолетовыми точками. Диапазон расчетного азимута вектора смещения 317° – 343° по Кэмпбеллу и др. (2015). LPR- р. Лепсы; SGR- р. Шынжылы; TTR- р. Тентек, ZMR - р. Жаманты. (б) Вторичные уступы в центральной части разлома Лепсы (см. «а») с положениями трех топографических профилей (L1, L2 и L3), показанных короткими красными линиями. (с) Разрывы, прилегающие к реке Тентек, с маркировкой топографического профиля (L4). Черные пунктирные линии — уступы речной террасы. (d) Топографические профили, извлеченные из ЦМР НМА. (e) и (g) спутниковые изображения объектов с наименьшим латеральным смещением, обнаруженных вдоль разлома Лепсы, см. «b» для местоположения, значениями смещения указаны в (f) и (h).

Центральная часть: проходит вдоль подножия гор Шыбынды. Западнее реки Тентек наблюдается уступы высотой 7–10 м с боковым смещением около 7 м, вероятно, результат одиночного землетрясения (см. рис. 3.1).

Западная часть: В районе озера Аякколь обнаружены уступы высотой 5–7 м возрастом 400 лет до н.д., на основе радиоуглеродного и люминесцентного анализа образцов. Более ранний уступ высотой 2 м, вероятно, является результатом более старого землетрясения. Возраст его оценен в 2245–1810 лет до н. д. Восточнее озера Аякколь два уступа сливаются в один высотой около 9 м. Предполагается, что этот уступ является результатом двух различных событий, учитывая разный возраст двух параллельных уступов. Морфологическое датирование уступов с использованием dGPS показало средний возраст продолжительности плоскостного смыва около 18.0 ± 0.9 тыс. лет, что значительно превышает 400 лет, предложенный Кэмпбелла с авторами. Также зафиксирован возраст около 5000 лет в реке Шынжылы и более древних отложениях у озера Аякколь.

Джунгарский разлом в нашей работе сегментирован на восемь участков (сегментов) на основе изменения простираения, геоморфологии и направления сдвига. На юго-востоке по разлому, простирающемуся по азимуту 330° , проявляется почти чистый правосторонний сдвиг, в то время как на северо-западе наблюдается косой сдвиг со значительной вертикальной составляющей, с простираением 300° (см. рис. 3.2).

Сегменты S0 и S1 простираются от юга Ушарала до его северо-западного окончания. Разлом виден только в виде деградированных уступов, большая часть свидетельств подвижек по разломам была полностью удалена речной эрозией во время отложения самого молодого поколения конусов выноса вдоль хребта (см. рис. 3.2). *Сегмент S2* характеризуется хорошо сохранившимися и непрерывными уступами (см. рис. 3.2). Кэмпбелл и соавторы сделали вывод, что уступы вдоль сегмента S2 образовались в результате одного землетрясения. Особое внимание уделяется участку «Медвежья река», где максимальное смещение составляет около 12 метров, а дополнительный уступ высотой 4.4 м датируется 5.3–2.7 тыс. лет. *Сегмент S3* разделяется на две ветви между реками Ыргайты и Жаманты (см. рис. 3.2). Северная ветвь имеет вертикальные смещения и правосторонний сдвиг с уступами высотой около 14 м. Южная ветвь характеризуется правосторонним

сдвигом с наименьшими боковыми смещениями от 7.3 до 9.2 метров. В сегментах S4 и S5 преобладает сдвиговой характер средним азимутом 328° (см. рис. 3.2). Измеренные боковые смещения составляют 6.9–8.8 м, подтверждающие подвижку в результате трех последних землетрясений. Анализ кумулятивной плотности смещений (COPD) показывает три пика в 8.8 м, 15.2 м и 23.7 м (см. рис. 3.3). В сегментах S6 и S7 разлом проявляется как чистый сдвиг с простиранием 328° (см. рис. 3.2). Не выявлены свежие уступы, но наблюдаются 20–30-метровые правосторонние смещения. Средний возраст коэффициента диффузии (кт) уступов составляет 11.3 ± 1.6 м², что указывает на возраст от 2 до 3.6 тыс. лет. На окраинах хребтов в переходной зоне между Джунгарским и Лепсинским разломами, обнаружены свежие трещины и каменные лавины, особенно на западных и северных склонах, образующие небольшие озера в долинах (см. рис. 3.2).

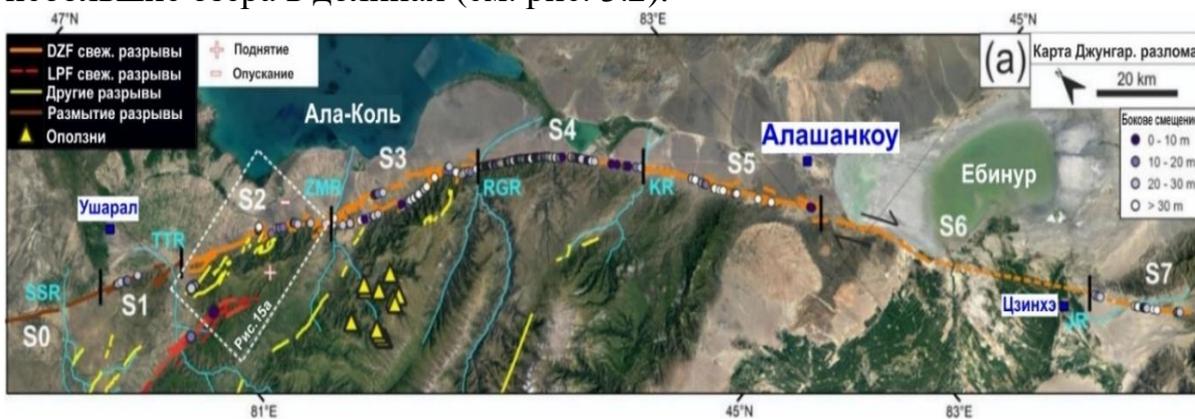


Рисунок 3.2. Район исследования на космоснимке Google Earth: Джунгарский разлом (DZF), восточная часть Лепсинского разлома (LPF), а также вторичные разломы и нанесенные на карту оползни в горах Джунгарского Алатау. Места измерения смещений отмечены точками. SSR- р. Шынжылы; TTR- р.Тентек; ZMR- р. Жаманты; RGR- р. Рыгайты; KR: р. Токты; JR- Река Цзин.

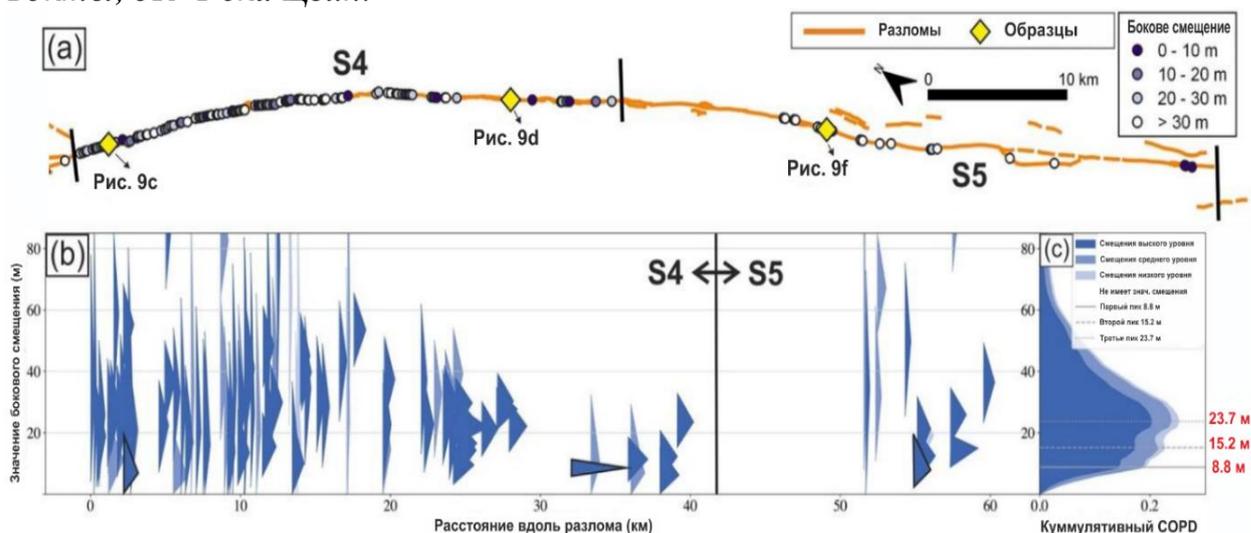


Рисунок 3.3. График плотности вероятности смещения (COPD) для участков S4 и S5 Джунгарского разлома (а). Кумулятивная плотность вероятности смещения (COPD) со значениями трех пиков отмечена цифрами красного цвета (с).

ГЛАВА 4. ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ ПАЛЕОЗЕМЛЕТЯСЕНИЙ. Рассмотрены два сценария палеоземлетрясений. В первом сценарии (S1) предполагается, что разломы в регионе образовались в результате одного землетрясения, включая Лепсинский, Джунгарский в переходной зоне между ними. Во втором сценарии (S2) только сегменты S2-S7 Джунгарского разлома образовались одновременно. С использованием эмпирических соотношений и масштабных соотношений между смещением и длиной разлома, были рассчитаны магнитуды M_w в диапазоне 7.7–8.2 для сценария S1 и M_w 7.7–8.0 для сценария S2. Применение комбинированного сейсмического момента позволяет получить значения моментной магнитуды M_w в диапазоне 8.1–8.4 для S1 и 7.9–8.2 только для Джунгарского разлома для S2.

Диапазоны расчетных моментных магнитуд аналогичны полученным для Чиликского (M_w 8.0–8.3) и Кеминского (M_w 7.8–8.0) землетрясений (Abdrakhmatov K. 2016, Kruger F. 2017, Kulikova G. 2015, Arrowsmith R. 2017), что указывает на то, что в Джунгарском Алатау могли происходить землетрясения такой же силы, как и в северном Тянь-Шане, несмотря на более низкую скорость деформации.

Полученные данные показывают, что на Лепсинском разломе, который простирается от Джунгарского Алатау до Казахской платформы на протяженности отрезка длиной около 120 км на направлении В-З, произошли сильнейшие землетрясения в прошлом. По оценкам возраста последних поверхностных событий на Лепсинском разломе можно предположить, что здесь произошло два сильных землетрясения: первое, по меньшей мере, 5000 лет назад в западной части разлома, и второе примерно 400 лет назад на всей его протяженности. Расчеты размеров землетрясений по различным эмпирическим соотношениям указывают на то, что последнее событие могло иметь максимальную магнитуду M_w от 7.5 до 8.2.

Эти данные позволяют сделать предположение о том, что Лепсинское землетрясение, вероятно, является тем событием, которое упоминается в каталоге Мушкетова и Орлова как самое раннее сильное землетрясение в Джунгарии в 1716 году. Однако есть основания полагать, что в это время произошли два разных землетрясения. В китайском каталоге существует информация о землетрясении 1716 года с магнитудой $M_w=7.5$ (Текесское землетрясение), его эпицентр находится строго на юг от предполагаемого Лепсинского землетрясения примерно в 300 км.

Хотя по времени Текесское землетрясение произошло в близком историческом периоде к Лепсинскому землетрясению (примерно 400 лет назад), пространственно это были разные очаги. Оба землетрясения были очень сильными, с магнитудой $M_w = 7.5$, но их эпицентры располагались в разных местах.

Важной особенностью проявления сильных землетрясений в Северном Тянь-Шане и районе Джунгарии является их пространственно-временное группирование в определенные периоды активности. Например, в конце XIX и начале XX века в рамках одной сейсмогенерирующей зоны произошли

несколько сильных землетрясений, таких как Верненское, Чиликское и Чон Кеминское, два из которых имели магнитуду более 8. Такая же закономерность наблюдается и в районе Джунгарии.

Представлены данные о временном распределении сильных землетрясений в Джунгарии, которые указывают на чередование периодов активизации с наличием сильных толчков и периодов затишья. В настоящее время наблюдается сейсмическое затишье по сильнейшим землетрясениям в этом регионе.

Использование информации из различных источников позволило уточнить параметры некоторых землетрясений в Джунгарии. Например, основные параметры Манасского землетрясения 1906 года и двух Сияньских землетрясений 1944 года были переоценены, и их параметры были внесены в каталог землетрясений Центральной Азии. Эти данные также помогли лучше понять природу Баканасского землетрясения 1979 года. Выявлено сходство в проявлении главных толчков и афтершоков у землетрясений в разных областях Джунгарии. Несмотря на сейсмическое затишье по сильнейшим землетрясениям в настоящее время, землетрясения меньшей магнитуды (5–6) все еще происходят как на территории Казахстана, так и на территории Китая.

Анализ показал, что во всех случаях наблюдаются сходные особенности развития процессов в очагах землетрясений, включая комбинацию крутопадающих плоскостей северо- и юго-восточного простирания и их взаимное влияние на характер движений. Афтершоковая деятельность также характеризуется определенными закономерностями, связанными с пространственным распределением очагов их возникновения.

Ситуация с сейсмичностью в районе Джунгарии в последние десять лет выделяется своей нестабильностью. С 2007 года наблюдается активизация слабой сейсмичности, причем увеличение количества землетрясений охватывает разные энергетические диапазоны событий, начиная от магнитуды 3 и выше. Тренд увеличения числа событий с магнитудой 5 и выше свидетельствует о росте напряженности в этом районе.

ВЫВОДЫ

Основные выводы и результаты проведенной работы заключаются в следующем:

1. Полученные результаты исследований демонстрируют собой ценный пример возможности возникновения землетрясения на крупном внутриконтинентальном сдвиговом разломе. Анализ и наблюдения палеоразрывов по космическим снимкам и полевым исследованиям указывают на вероятное возникновение сильного землетрясения за последние 4000 лет с потенциальной длиной разрыва до 375 км для комбинированного Джунгарско-Лепсинского разрыва.

2. Это сложное землетрясение было связано с подвижкой по двум отдельным разломам и распределенным разломным движением между ними, при этом суммарная подвижка достигала ~20 м на северных сегментах сдвига и 6–9 м на южном сегменте чистого сдвига. Предполагаемая магнитуда этого

палеоземлетрясения вдоль Джунгарского и Лепсинского разломов достигает Mw 8.4, что ставит его в один ряд с крупнейшими известными внутриконтинентальными землетрясениями.

3. Полученные новые данные о сейсмической истории территории Джунгарии, с высокой долей вероятности показывают, что в Прибалхашье на Лепсинском разломе в прошлом имели место сильнейшие землетрясения, последнее из которых с магнитудой около 8 произошло примерно 400 лет назад. При этом, в Джунгарии имели место два различных сильных землетрясения с магнитудой 7.5–8.2 и 7.5 - Лепсинское и Текесское.

4. Из этого факта следует, что при оценке сейсмической опасности и рассмотрении долгосрочных деформаций следует охватывать исследованиями гораздо больший период времени, не ограничиваясь данными только периода инструментальных наблюдений. Пример Лепсинского разлома показывает, что структуры в регионах, которые считаются стабильными, могут быть реально сейсмически опасными.

5. Сопоставление различных параметров наиболее сильных землетрясений Джунгарии последнего периода на территории Казахстана и на территории Китая свидетельствует о большом сходстве в их параметрах и сценариях развития процессов в очагах. Показано, что два Текелийских землетрясения в Казахстане и Борохорское землетрясение в Китае подтверждают вывод об единой системе напряжений, действующих в этом районе.

6. Новые сейсмические данные о сильных землетрясениях дают основу для геодинамических построений и тектонических интерпретаций в Джунгарии, выявленные очаги сильнейших землетрясений должны быть учтены при расчетах карт сейсмического зонирования нового поколения.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ ТРУДОВ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Mukambayev A.** Central Asia earthquake catalogue from ancient time to 2009 /Mikhailova N.N., Aristova I.L., Kulikova G.,Ullah S.,Pilz M., Bindi D. // Annals of Geophysics. – 2015. - Vol 58. – No 1. (Scopus, IF1). Процентиль 57%, CiteScore 2.3, Квартиль - 3,0. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27837335>

2. **Mukambayev A.** Multisegment rupture in the 11 July 1889 Chilik earthquake (Mw 8.0-8.3), Kazakh Tien Shan, interpreted from remote sensing, field survey, and paleoseismic trenching /Abdrakhmatov, K. E., Walker, R. T., Campbell, G. E., Carr, A. S., Elliott, A. J., Hilleman, C., Hollingsworth, J., Landgraf, A., Mackenzie, D., Mukambayev, A., Rizza, M., & Sloan, R. A. // Journal of Geophysical Research: Solid Earth, – 2016, – Vol. 121, – Iss. 6, – P. 4615-4640. (Scopus, IF- 3.65). Процентиль 90%, CiteScore 6.0, квартал - 1,0. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27063250>

3. **Mukambayev A.** Assessing the activity of faults in continental interiors: Palaeoseismic insights from SE Kazakhstan / Grützner, C., Carson, E., Walker, R. T., Rhodes, E. J., Mukambayev, A., Mackenzie, D., Elliott, J. R., Campbell, G. E., & Abdrakhmatov, K. E. // Earth and Planetary Science Letters. – 2017, – Vol. 459,

– P. 93–104. (Scopus, IF- 3.166). Процентиль 98%, CiteScore 8.6, квартиль - 2,0. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27969733>

4. Mukambayev A. Active Tectonics Around Almaty and along the Zailisky Alatau Ranges / Grützner, C., Walker, R. T., Abdrakhmatov, K. E., Mukambayev, A., Elliott, A. J., & Elliott, J. R // *Tectonics*, – 2017, – Vol. 36, – Iss. 10, – P. 2192–2226. (Scopus, IF- 2.5). Процентиль 93%, CiteScore 6.5, квартиль - 1,0. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=31040632>

5. Mukambayev A. A creeping intracontinental thrust fault: past and present slip-rates on the Northern edge of the Tien Shan, Kazakhstan / Mackenzie D., Walker R.T., Abdrakhmatov K., Campbell G., Carr A.S., Grützner C., Mukambayev A., Rizza M. // *Geophysical Journal International*. – 2018. – Vol. 215, – Iss.2, – P.1148-1170. (Scopus, IF- 3.22). Процентиль 76%, CiteScore 4.5, квартиль - 2,0. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38648991>

6. Mukambayev A. Shortening Accommodated by Thrust and Strike-Slip Faults in the Ili Basin, Northern Tien Shan. / Grützner, C., Campbell, G. E., Walker, R. T., Jackson, J. A., Mackenzie, D., Abdrakhmatov, K. E., & Mukambayev, A. // *Tectonics*. – 2019, – Vol. 38, – Iss. 7, – P. 2255-2274. (Scopus, IF- 4.3). Процентиль 87%, CiteScore 5.9, квартиль - 1,0. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41666940>

7. Мукамбаев А.С. Новые детали сейсмической истории и современной сейсмичности Джунгарии / Михайлова Н.Н., Мукамбаев А.С., Полешко Н.Н., Аристова И.Л. // *Вестник НЯЦ РК*. – 2019. – Вып. 2. – С.81-87. – Режим доступа: https://kndc.kz/kndc/docs/publication/2019_4.pdf

8. Мукамбаев А.С. Современная сейсмичность и следы древних землетрясений в зоне Восточно-Джунгарского разлома / Абдрахматов К.Е. // *Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана*. – 2021 – Вып.1. – Режим доступа: <http://science-journal.kg/ru/journal/1/archive/14061>

9. Мукамбаев А.С. Сейсмические станции Национального ядерного центра РК и их вклад в решение задач оценки сейсмической опасности Восточного Казахстана / Михайлова Н.Н., Мукамбаев А.С. // *Вестник НЯЦ РК*. – 2022. – Вып.2. – С. 3–16. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48683408>

10. Mukambayev A. Probing the upper end of intracontinental earthquake magnitude: a prehistoric example from the Dzhungarian and Lepsy faults of Kazakhstan / Tsai C.-H., Abdrakhmatov K., Mukambayev A., Elliott A.J., Elliott J.R., Grützner C., Rhodes E.J., Ivester A.H., Walker R.T., Wilkinson R. // *Tectonics*. – 2022, – Vol.41, – Iss.10. (Scopus, IF- 4.3). Процентиль 93%, CiteScore 8.7, квартиль - 1,0. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=57391609>

**Мукамбаев Айдын Сериковичтин 25.00.01 – жалпы жана аймактык
геология адистиги боюнча геология-минералогия илимдеринин
кандидаты илимий даражасын алуу үчүн “Чыгыш Тянь-Шань жана
Жунгариянын азыркы сейсмикалуугу жана палеосейсмологиясы” аттуу
диссертациялык ишинин
РЕЗЮМЕСИ**

Негизги сөздөр: активдүү жарака, жер титирөө, сейсмикалык коркунуч, сейсмикалык мониторинг, магнитуда, жер титирөөнүн каталогу, фокалдык механизмдер.

Изилдөөнүн объектиси болуп активдүү жаракалар, Жунгардын тарыхый жана заманбап сейсмикалуулугу болуп саналат саналат.

Изилдөөнүн предмети: Жунгариянын аймагында аныкталган Чыгыш Тянь-Шандын ири континенталдык жер титирөөлөрүнүн пайда болуу шарттары жана мүнөздөмөлөрү.

Иштин максаты: активдүү жаракалар жөнүндөгү маалыматтардын негизинде Жунгариянын аймагынын сейсмикалык коркунучун кайрадан баалоо.

Изилдөө методдору жана аппаратура: сейсмологиялык мониторинг; сейсмикалык каталогдорду жалпылоо, системалаштыруу, салыштыруу жана статистикалык талдоо; ЖАЗ жана УУА маалыматтарын чогултуу, иштетүү жана талдоо; горизонталдык жана вертикалдык жылыштарды өлчөө; төртүнчүлүк чөкмөлөрдү морфологиялык талдоо жана мөөнөтүн аныктоо; заманбап программалык каражаттарды колдонуу менен ар кандай тематикалык карталарды куруу; изилдөө жүргүзүү үчүн төмөнкү аппаратура колдонулду: УУА DJI Phantom 4Pro, прибор GNSS Trimble Spectra SP60.

Изилдөөнүн натыйжалары жана илимий жаңылыгы. Чыгыш Казакстандын негизги жаракаларынын (Жунгар жана Лепси жаракалары) сейсмикалык коркунуч деңгээли бааланган. Жунгар жаракасынын сейсмопотенциалы жана ага байланыштуу сейсмогенерация зонасы чоңойтулган. Тарыхый мезгилден 2023-жылга чейинки Жунгария аймактарындагы жер титирөөлөрдүн бирдиктүү каталогу түзүлгөн.

Колдонуу боюнча сунуштар. Күчтүү жер титирөөлөр жөнүндө жаңы сейсмикалык маалыматтар Жунгариядагы геодинамикалык курулуштарга жана тектоникалык интерпретацияларга негиз берет, эң күчтүү жер титирөөлөрдүн аныкталган очоктору жаңы муундагы сейсмикалык зоналаштыруу карталарын эсептөөдө эске алынууга тийиш.

Колдонуу чөйрөсү. Изилдөөнүн жыйынтыктары ар кандай деталдуулуктагы сейсмикалык райондоштуруу карталарын түзүүдө колдонулат. Алынган натыйжалар имараттардын жана курулмалардын курулушунда эске алуу керек болгон топурактын интенсивдүүлүгүнүн жана максималдуу жогорку ылдамдануусунун маанилеринин көңүлгө алууга туура келет.

РЕЗЮМЕ

диссертации Мукамбаева Айдына Сериковича на тему
**«Современная сейсмичность и палеосейсмология восточного Тянь-Шаня
и Джунгарии» на соискание ученой степени кандидата геолого-
минералогических наук по специальности 25.00.01 – общая и
региональная геология**

Ключевые слова: активный разлом, землетрясение, сейсмическая опасность, сейсмический мониторинг, магнитуда, каталог землетрясений, механизмы очагов.

Объектом исследования являются активные разломы, историческая и современная сейсмичность Джунгарии.

Предмет исследования: условия возникновения и характеристики крупных континентальных землетрясений восточного Тянь-Шаня, выявленных на территории Джунгарии.

Цель работы: переоценка сейсмической опасности территории Джунгарии на основе данных об активных разломах.

Методы исследования и аппаратура: сейсмологический мониторинг; создание, обобщение, систематизация, сравнение и статистический анализ сейсмических каталогов; сбор, обработка и анализ данных ДЗЗ и БПЛА; измерения горизонтальных и вертикальных смещений; морфологический анализ и датировка четвертичных отложений; применение современных программных средств для построения различных тематических карт; для проведения исследования использована следующая аппаратура: БПЛА DJI Phantom 4Pro, прибор GNSS Trimble Spectra SP60.

Полученные результаты и их новизна. Оценен уровень сейсмической опасности главных разломов восточного Казахстана (Джунгарский и Лепсиский разломы). Увеличен сейсмопотенциал Джунгарского разлома и связанной с ним сейсмогенерирующей зоны. Составлен унифицированный каталог землетрясений территории Джунгарии с исторических времен по 2023 год.

Рекомендации по использованию. Новые сейсмические данные о сильных землетрясениях дают основу для геодинамических построений и тектонических интерпретаций в Джунгарии, выявленные очаги сильнейших землетрясений должны быть учтены при расчетах карт сейсмического зонирования нового поколения.

Область применения. Результаты исследования будут использованы при создании карт сейсмического зонирования разной детальности. Полученные результаты повлекут за собой расчеты значений интенсивности и максимальных пиковых ускорений грунта, которые надо учитывать при строительстве зданий и сооружений.

SUMMARY

**of the dissertation by Aydyn Serikovich Mukambaev
on the topic “Modern Seismicity and Paleoseismology of the Eastern Tien
Shan and Dzhungaria” submitted for the degree of Candidate of Geological
and Mineralogical Sciences specialty 25.00.01 – general and regional geology**

Key words: active fault, earthquake, seismic hazard, seismic monitoring, magnitude, catalog of earthquakes, focal mechanisms.

The object of the study is active faults, historical and modern seismicity of Dzungaria.

Subject of the study: conditions of origin and characteristics of large continental earthquakes of the eastern Tien-Shan identified on the territory of Dzungaria.

Purpose of work: reassessment of seismic hazard of the territory of Dzungaria on the basis of data on active faults.

Research methods and equipment: seismological monitoring; creation, generalization, systematization, comparison and statistical analysis of seismic catalogs; collection, processing and analysis of remote sensing and UAV data; measurements of horizontal and vertical displacements; morphological analysis and dating of Quaternary sediments; application of modern software for the construction of various thematic maps; the following equipment was used for the study: UAV DJI Phantom 4Pro, GNSS Trimble Spectra SP60.

Obtained results and their novelty. The level of seismic hazard of the main faults of eastern Kazakhstan (Dzungarian and Lepsin faults) has been estimated. The seismic potential of the Dzungarian fault and the associated seismic generating zone has been increased. A unified catalog of earthquakes in the territory of Dzungaria from historical times to 2023 has been compiled.

Recommendations for use. New seismic data on strong earthquakes provide a basis for geodynamic constructions and tectonic interpretations in Dzungaria, the identified sources of strongest earthquakes should be taken into account in calculations of new generation seismic zoning maps.

Scope of application. The results of the study will be used in the creation of seismic zoning maps of different detail. The obtained results will entail calculations of intensity values and maximum peak ground accelerations, which should be taken into account in the construction of buildings and structures.

