**Национальная академия наук Кыргызской Республики**

**Институт геологии им М.М. Адышева**

**ордена трудового красного знамени**

**Национальная академия наук Кыргызской Республики**

**Институт сейсмологии**

Диссертационный совет Д 25.23.677

На правах рукописи

**УДК 551.242.(551.43)**

**Аширов Беимбет Маманович**

**Сейсмотектоническая позиция очаговых зон сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня**

25.00.01 – общая и региональная геология

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата геолого-минералогических наук

**Бишкек – 2024**

# **Работа выполнена в** институте Сейсмологии Национальной академия наук Кыргызской Республики

|  |  |
| --- | --- |
| **Научный руководитель:** | **Абдрахматов Канатбек Ермекович**  доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент Национальной академии наук Кыргызской Республики |
| **Официальные оппоненты:** |  |
| **Ведущая организация:** |  |

Защита состоится \_\_\_февраля 2025 года в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 25.23.677 при Институте геологии им. М. М. Адышева НАН КР, Институте сейсмологии НАН КР по адресу: 720040, г. Бишкек, бульвар Эркиндик, 30, актовый зал. 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 НАН КР, по адресу: 720040, г. Бишкек, бульвар Эркиндик, 30; Института сейсмологии НАН КР, по адресу: 720060, г. Бишкек, микрорайон Асанбай, 52/1 и на сайте Национальной аттестационной комиссии при Президенте Кыргызской Республики: <https://vak.kg/d_25_23_677/107064/>

Автореферат разослан \_\_ апреля 2025 года.

Автореферат разослан «\_\_» 2025 г.

|  |  |
| --- | --- |
| Ученый секретарь  диссертационного совета,  кандидат географических наук, доцент. | Токторалиев Э. Т. |

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы диссертации.** Выявление геологических структур, контролирующих появление и размещение очагов сильных землетрясений, является одной из важнейших проблем современной сейсмотектоники. Структурное положение очагов землетрясений и конфигурация плейстосейстовых областей сильных землетрясений зависят в основном от двух факторов: строения среды, в которой происходит накопление напряжений и разрядка сейсмической энергии, характера, и места приложения сил, вызывающих эти напряжения. Первый фактор определяется особенностями строения сейсмоактивного слоя, мощность которого в рассматриваемом регионе порядка 20-25 км, а второй - особенностями проявления новейших движений.

Отметим, что многие сильные землетрясения произошли до установки глобальной цифровой сейсмической сети и поэтому были зарегистрированы только с помощью аналоговых сейсмических приборов. Обработка аналоговых данных сопряжена с рядом трудностей, например, не всегда известны истинные параметры системы записи. Кроме того, в связи с редкой сетью сейсмических станций или редкостью макросейсмических наблюдений точность определения очаговых зон была очень низкой. Например, точность определения эпицентров некоторых сильных землетрясений составляла +/- 50 км. Естественно, при такой точности, трудно определить к какой именно геологической структуре относится очаг события.

Параметры многих из таких землетрясений в настоящее время были исследованы и пересмотрены на основе цифровых инструментальных данных с целью уточнения ранее оцененных параметров источников для этих землетрясений, которые были в основном основаны на макросейсмических наблюдениях. Эти исследования позволили, к примеру, уточнить такие параметры исторических землетрясений как положение очаговых зон, магнитуда и т.д. Поэтому возникла необходимость рассмотреть структурную положение некоторых сильных исторических землетрясений с новых позиций.

**Связь темы диссертации с приоритетными научными направлениями, крупными научными программами (проектами), основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными и научными учреждениями.** Работа выполнена в соответствии с основной научно-исследовательской темой, выполняемой в институте сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики. Автор принимал непосредственное участие в реализации научных исследований по тематике «Оценка сейсмической опасности и сейсмического риска на территории Кыргызской Республики» (2012-2014 гг.) по разделу: «Оценка сейсмической опасности и сейсмического риска по геологическим данным».

**Цель и задачи исследования.** Основной целью являлось выявление сейсмотектонической позиции очаговых зон сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня на основе современных данных.

**Задачи исследования:**

1. Сбор геолого-геофизической информации об очаговых зонах сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня с учетом новых данных о местоположении, фокальных механизмах, магнитуде и т.д. указанных событий;
2. Выявление геолого-тектонических особенностей очаговых зон сильнейших землетрясений, имевших место в пределах указанного региона;
3. Выявление потенциальных сейсмогенерирующих структур на основе полученных данных.

**Научная новизна полученных результатов.**

* Впервые для территории Северного Тянь-Шаня выявлены и обобщены геолого-тектонические особенности очаговых зон сильнейших землетрясений этого региона;
* Установлено, что очаги сильнейших землетрясений этого региона связаны в первую очередь с реактивизацией древней Кемино-Чиликской зоны, которая на современном этапе выражена в виде одноименной зоны активных разломов. Наблюдающиеся изменения в фокальных механизмах рассмотренных выше землетрясениях связаны с ориентацией Кемино-Чиликской зоны активных разломов по отношению к субмеридиональному тангенциальному сжатию;
* Выявление дизъюнктивных узлов на территории Северного Тянь-Шаня позволяет наметить положение потенциальных мест возникновения очагов сильных землетрясений в будущем и определить их возможную максимальную магнитуду. Это также позволит уточнить оценку сейсмической опасности указанной территории и повысить надежность составляемых карт сейсмического районирования.

**Практическая значимость полученных результатов**. Результаты исследования могут быть использованы при оценке сейсмической опасности территории Северного Тянь-Шаня, включающая территорию Кыргызской Республики и Республики Казахстан.

**Экономическая значимость полученных результатов.**

Оценка сейсмической активности позволяет заранее выявить зоны повышенного риска и принять меры по укреплению зданий и инфраструктуры. Это помогает предотвратить разрушения и сократить затраты на восстановление после землетрясений.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

1. Распределение фоновой сейсмичности, как по глубине, так и энергетическому классу тесно связано с наличием Северо-Тяньшаньского массива, представленного породами гранитоидного ряда, которые слагают в пределах каледонид крупнейшие плутоны. Однако определенной приуроченности сильнейших землетрясений к конкретным частям указанного выше массива не наблюдается.
2. Переопределение основных параметров сильных сейсмических событий рассматриваемого региона позволило пересмотреть структурную позицию некоторых землетрясений региона и выявить новые разрывы, с которыми связано возникновение этих землетрясений.
3. Основные параметры очагов сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня (местоположение, фокальные механизмы очагов и т.д.) связаны с разрывами, составляющими Кемино-Чиликскую зону активных разломов, с пологовогнутыми взбросами, которые укручиваются с глубиной, укореняясь в центральную зону.

**Личный вклад соискателя.** Соискатель принимал непосредственное участие:

- в сборе, анализе и обработке данных о структуре доновейшего фундамента, новейших разломах, геолого-тектонических особенностях строения очаговых зон сильнейших землетрясений этого региона;

- выявлении новых поверхностных разрывов в очаговых зонах сильных землетрясений, позволяющих уточнить связь указанных зон с особенностями геологического строения Северного Тянь-Шаня;

- пересмотре структурной позиции некоторых сильных землетрясений региона в связи с впервые выявленными активными разломами;

- в составлении карты дизъюнктивных узлов территории Северного Тянь-Шаня и оценке сейсмической опасности этого региона.

**Апробация результатов диссертации.**Результаты работ были доложены на Международных и Республиканских конференциях и совещаниях: 7-ого Казахстанско-Китайского международного симпозиума (Алматы, 2010); IV конференция молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях» (Бишкек, 2012); The Eighth International Symposium on Tianshan Earthquakes,Urumqi (China, 2013); Шестой международный симпозиум «Проблемы геодинамики и геоэкологиивнутриконтинентальных орогенов» (Бишкек, 2014); Международная научная конференция, посвященная 50-летию Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУЗ (Ташкент, 2016); XX Всероссийской конференции «Глубинное строение, Минерагения, Современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов» (Воронеж, 2016); IX Международная конференция "Мониторинг ядерных испытаний и их последствий" (Алматы, 2016); 9-го Казахстанско-Китайского международного симпозиума (Алматы, 2017).

**Полнота отражения результатов диссертации в публикациях**. По теме диссертации опубликовано 12 работ, из них 2 в издательствах, входящих в систему Web of Science, Scopus и 7 в журналах, рекомендованных НАК ПКР.

**Структура и объем диссертации**. Диссертация объемом 133 страниц, состоит из введения, шести глав, заключения и списка использованной литературы. В работе имеется 56 рисунков и фотографий, 4 таблицы и 133 наименований использованной литературы.

**Работа выполнена.** Автор искренне благодарит за помощь и ценные советы научного руководителя К. Е. Абдрахматова, выражает благодарность Тарадаевой Т.В. за помощь при выполнении этой работы.

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** раскрывается содержание работы, сформулированы цели и задачи исследования, приводятся научная новизна, практическая и экономическая значимость полученных результатов, защищаемые положения, методика исследований и достоверность результатов, структура и объем диссертации и другие материалы.

**ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Проводится исторический обзор исследований и развития представлений о потенциальных сейсмогенерирующих структурах.

Исследования, проведенные на территории Северного Тянь-Шаня различными группами исследователей (Геологические основы.., 1978; Кнауф В.И., 1981, Тимуш А.В., 1993) показали, что структурное положение очагов землетрясений и конфигурация плейстосейстовых областей сильных землетрясени0й зависят в основном от двух факторов: строения среды, в которой происходит накопление напряжений и разрядка сейсмической энергии, и характера и места приложения сил, вызывающих эти напряжения. Первый фактор определяется особенностями строения сейсмоактивного слоя, мощность которого в рассматриваемом регионе порядка 20 - 25 км, а второй - особенностями проявления новейших движений. Сейсмоактивный слой сложен в различной мере метаморфизованными вулканогенными и осадочными породами докембрийского и палеозойского возрастов.

Сейсмогенными структурами, безусловно, являются важнейшие краевые разломы, разграничивающие мегаструктуры с различным режимом новейших тектонических движений. Однако в противоположность представлениям И. Е. Губина (1971) вышеуказанные исследователи не считают, что зона какого-либо единого разлома на всем протяжении будет характеризоваться одинаковой сейсмоопасностью. При определении последней используются такие признаки (Детальное….,1998), как скорости новейших (особенно позднечетвертично-голоценовых) движений, различный их знак в разных крыльях разлома, смена знака движений в одном из крыльев и ее время, наличие дизъюнктивных узлов, образованных за счет разветвления или пересечения разломов, торцовое сочленение новейших структурных форм по разломам или контактирование по ним структурных полей встречной асимметрии (Кучай С.И., 1966); особое место занимают растущие по простиранию периклинали асимметричных антиклиналей, что сопровождается вспарыванием в направлении их роста разрыва, ограничивающего данную структуру со стороны крутого ее крыла (Чедия О.К., 1986).

По мнению вышеуказанных авторов, активными представляются следующие структуры:

• новейшие надвиги, такие как Жаланашский, вдоль которого палеозойские породы надвинуты на неогеновые красноцветы, где нарушенными являются также позднечетвертичные террасы.

• зоны пересечения региональных краевых разломов секущими сдвигами, а также для зон торцового сочленения разломов или пересечения разломов разных простираний.

• зоны, знак тектонического движения которых сменился с отрицательного на положительный в течение новейшего этапа (зоны дифференцированных движений).

• зоны межгорных и предгорных впадин, где происходит рост воздымающихся морфоструктур (горстантиклиналей, мегантиклиналей) в позднем плейстоцене-голоцене.

**ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Объект исследования:** Очаговые зоны сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня

**Предмет исследования:** Геолого-тектонические особенности очаговых зон сильнейших землетрясений, имевших место в пределах указанного региона.

В современной структуре верхней части земной коры (ЗК) исследуемого региона четко выделяются два крупнейших мегакомплекса, определяющие важнейшие черты геологического строения и морфоструктурного облика рассматриваемого региона: 1) мегакомплекс консолидированного (домезозойского) фундамента эпигерцинской платформы и 2) альпийского чехла.

Первый представляет собой жесткую кристаллическую основу современной структуры ЗК, а второй – слабо сцементированные породы, характер деформации которых в значительной степени зависит от направления и интенсивности неотектонических движений подстилающего фундамента. В силу этих особенностей рассмотрим тектоническое районирование консолидированного фундамента, отражающее состав и развитие ЗК до мезозоя, и структурно-вещественные комплексы чехла, как результат проявления альпийского тектогенеза.

Анализ геологических материалов показывает, что в результате каледонского и герцинского тектогеноза возникли сложно построенные складчатые (геосинклинальные) пояса: Чу-Илийский, Кендыктас-Заилийский, Терскейский, внутри которых выделяются антиклинории и синклинории, обычно разделенные разломами различной протяженности и глубины проникновения в земную кору (см. врезку на рис 1.3 в диссертации). Эти геосинклинальные пояса характеризовались большой мобильностью, о чем свидетельствуют изменения формаций по вертикали и латерали, многочисленные разломы, метаморфизм пород, напряженная складчатость, разновозрастные магматические комплексы. Подвижность этих зон, несмотря на различное время консолидации [Зайцев В.И., 1978; Шлыгин Н.П., 1980], сохранялась в течение всего палеозоя. К северу от Кендыктас-Заилийского складчатого пояса расположен Южно-Джунгарский относительно стабильный (срединный) массив (Афоничев О.В., 1966), а к югу – Иссык-Кульский (Моинкум-Наратский) (Кнауф В.И., 1966). Кратко охарактеризованы основные структурные элементы названных складчатых областей и массивов.

Формирование новейших структур (морфоструктур) разного ранга и связанная с ними сейсмичность обусловлены альпийским геотектоническим процессом, который следовал за герцинским, но темпы и формы его были различны. Выделены три этапа (Костенко С.В., 1987): раннеальпийский (продолжительностью 100 млн. лет), среднеальпийский (110 млн. лет) и позднеальпийский (30млн.лет). С последним отождествляется неотектонический этап, который начался в позднем олигоцене и еще не завершился. С ним связаны наибольшие деформации земной коры и доорогенной поверхности выравнивания, которые создали все контрасты наблюдаемых ныне морфоструктур. Одной из характерных черт тектонических процессов этого этапа являются землетрясения. В связи с неравномерностью тектонического процесса выделяются семь фаз его активизации (Костенко С.В., 1987; Тимуш А.В., 2000). Для иллюстрации интенсивности и направленности новейших движений составлены карты: новейшей тектоники и неотектонического районирования по режиму движений.

Приведена краткая характеристика новейших движений и морфоструктур рассматриваемого региона в соответствии с выделенными областями неотектонического режима.

**В третьей главе “Результаты собственных исследований”** рассматривается структурная позиция фоновой сейсмичности территории Северного Тянь-Шаня. Отдельно рассмотрено положение фоновой сейсмичности в пределах доновейших тектонических структур и в пределах новейших структур.

Анализ пространственного размещения эпицентров землетрясений в Северном Тянь-Шане позволяют наметить некоторые закономерности сейсмичности тектонических структур домезозойского фундамента.

Эпицентры сильных землетрясений (К≥15) находится в Кеминской зоне, являющейся деструктивной структурой с длительной историей развития в пределах древнего среднего массива.

Эпицентры землетрясений 12-13 энергетического класса приурочиваются к узлам пересечения разрывных нарушений северо-западного и северо-восточного простирании, к тектоническим границам блока эпикаледонской активации и разновозрастных интрузивных пород.

Эпицентры сильных землетрясений (К=14-16) тяготеют так же к разрывным нарушениям на границе нижнепалеозойского флишевого прогиба и древнего массива (Жаланаш-Тюпское землетрясение), и к конседиментационным «клавишным» герцинским структурам (Сарыкамышское землетрясение) в краевых частях Иссык-Кульского блока.

Участки разной конфигурации повышенной плотности слабых землетрясений (К=7-9) характеризуют активацию разных частей разрывных нарушений и афтершоковую область сильных землетрясений.

В целом Терскейская складчатая зона отличается слабой сейсмичностью, а редкие землетрясения 14 энергетического класса, связаны с активацией приразломных эпикаледонских прогибов вдоль Центрально-Терскейского разлома.

Самой характерной особенностью наблюденного сейсмического поля в рамках новейшей структуры Северного Тянь-Шаня является его «узловатость», скученность гипоцентров в определенных объемах овальной, изометрической, воронкообразной формы. При этом, как известно, плотность землетрясений с глубиной уменьшается, а классность увеличивается. Интегральные карты плотностей по классам и по глубинам, в общем, являются квазиподобными за счет того, что максимальные плотности по глубинам (от 6-8 до 10-17 землетрясений на 25 кв. км в интервале 0-10 км) примерно совпадают с максимальными плотностями по классам (от 4-6 до 10-16 землетрясений 7-8 классов).

На глубине 11-20 км максимумы не превышают обычно 4-8 событий, 21-25 км – 4 события, а глубже 30 км – встречаются единичные землетрясения. Максимумы плотностей землетрясений 9 класса оставляют 2-8 события, 10 и 11 событий (иногда 12,14); все землетрясения более высоких классов – единичны (рис. 2.7 в диссертации), где выделяется Центральный Северотяньшаньский сейсмогенный узел, приуроченный к центральной части этой региональной структуры. Этот сейсмообъем проникает до глубины 25-30 км, максимальная плотность землетрясений сосредоточена на глубине 5-10 км, единичные гипоцентры землетрясений 13-16 класса – на 15-25 км. Примечательно, что в центральной части этого сейсмоузла находятся эпицентры катастрофических Кеминского землетрясения 1911 года - 18 класса и Верненского землетрясения 1887 г. - 17 класса.

Выделенные сейсмообъемы приурочены к определенным новейшим блокам, которые характеризуются в основном режимом устойчивого поднятия на протяжении новейшего времени. Интересен тот факт, что выявленные сейсмогенные объемы зачастую обладают определенной симметрией, т.е. сильнейшие события располагаются в центральной части объема, а слабые землетрясения обрамляют осевую часть объема.

Как указывал В.И.Шерман [1], любая сейсмическая зона может рассматриваться как сложно построенная структурная область литосферы. Ее образуют линейно вытянутая зона современной деструкции литосферы (концентратор наиболее сильных землетрясений) и окружающие зону разноранговые разломы, многие из которых много или однократно в реальном времени (месяцы, годы, десятилетия) селективно вовлекались в современный процесс активизации.

В вертикальном разрезе сейсмическая зона представляет собой древовидное образование, ствол и ветви которого суть разноранговые разрывы, потенциально контролирующие сейсмические события при своей активизации.

Также в этой главе приводится детальное описание сейсмотектонической позиции сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня - Верненского землетрясения 1887 года (М=7.3), Кеминского землетрясения 1911 года (М=8.2), Чиликского землетрясения 1889 г (М=8.3), Кемино-Чуйского землетрясение 1938 г. (М=6.9) и других.

В 2016 г. (G. Kulikova, 2016) были проведены исследования, направленные на детальный анализ сильнейших землетрясений с использованием исторических сейсмических записей. Собранные исторические сейсмограммы были оцифрованы и затем использованы для локации эпицентра землетрясения, пересчета его магнитуды, определения фокального механизма и выведения кинематического параметра источника с помощью современных методов и алгоритмов. В результате этих исследований были получены новые данные, позволившие значительно уточнить локацию землетрясений, выявить неизвестные ранее особенности строения очагов и другие данные.

Используя эти данные, мы получили возможность по-новому взглянуть на сейсмотектонические особенности возникновения очагов сильнейших землетрясений. Например, согласно полученным предшествующими исследователями данным, эпицентр Кемино-Чуйского землетрясения 1938 года (К=16,0; М=6,9; Н=21 силой в эпицентре 8-9 баллов), находился в пределах координат φ =42,42; λ = 75,48. (см. рис. 2.31 в диссертации). Эпицентр был определен как по инструментальным, так и по макросейсмическим данным и был расположен в районе сочленения Кыргызского хребта и Кунгей Ала-Тоо (у устья р. Кемин) (Джанузаков и др., 2003).

Однако, проведенные нами детальные исследования в пределах указанной зоны показали, что описанные поверхностные нарушения не соответствуют магнитуде события. В плейстосейстовой области не было обнаружено ни одного протяженного поверхностного разрыва, но наблюдалось несколько трещин длиной 10-20 метров. Достаточно протяженная трещина длиной до 150 м и амплитудой вертикальных смещений до 0,7 м образовалась в районе пос. Джел-Арык.

Детальные полевые исследования, проведенные нами в эпицентральной зоне Кемино-Чуйского землетрясения, показали, что в ее пределах имеются активные разрывы, в пределах которых картируются свежие уступы. Эти уступы расположены как на южном крыле гор Окторкой, которые в новейшей структуре представляют собой горст-антиклиналь, ограниченную с обоих сторон разломами типа надвигов, так и с северной стороны. С севера горст-антиклиналь надвинута на олигоцен-миоценовые конгломераты, песчаники и глины локальной Жел-Арыкской синклинали, а с юга – по пологому надвигу на красноцветные конгломераты и песчаники и серые базальты сулутерекской свиты мел-палеогенового возраста Сулутерекской впадины. Эти отложения, в верхах который согласно залегают красноватые конгломераты шамсинской свиты палеоген–неогенового возраста, слагают указанную впадину, которая является грабен-синклиналь.

Отметим, что общая протяженность зоны активных разломов, обрамляющих Окторскойскую горст-антиклинали составляет 36-37 км. Как указывалось выше, согласно данным (Blaser et.al., 2010) протяженность поверхностных разрывов при М = 6,9 должна составлять около 34 км. Таким образом, наблюдается хорошее совпадение закартированных нами поверхностных разрывов с расчетными данными. Приведенные данные позволяют заключить, что очаговая зона Кемино-Чуйского землетрясения, вероятнее всего, приурочена к центральной части гор Окторкой.

Эпицентр Кеминского землетрясения 1911 года (М=8.2) был установлен на основании сейсмических данных, а затем несколько раз в разные годы предпринимались попытки перелоцировать его. Были и такие два исследования, направленные на определение фокального механизма землетрясения (Chen & Molnar, 1977; Molnar & Qidong, 1984), однако о кинематических параметрах источника с сейсмологической точки зрения ничего не известно. Г.Куликовой в 2016 г. ( G. Kulikova, 2016) было проведено исследование, направленное на детальный анализ Кеминского землетрясения с использованием исторических сейсмических записей. Собранные исторические сейсмограммы были оцифрованы и затем использованы для локации эпицентра землетрясения, пересчета его магнитуды, определения фокального механизма и выведения кинематического параметра источника с помощью современных методов и алгоритмов.

В ходе этого исследования были собраны данные с 23 сейсмических станций по всему миру и оцифрованы. Эпицентр землетрясения был перемещен на 42.996 N° и 77.367 E°, глубина гипоцентра оценивается между 10 и 20 км. Магнитуда была пересчитана - mB =8,05, Ms=7,94 и Mw=8,02.

Фокальный механизм составил: простирание =264°, падение=52°, рэйк=98°.

Кажущаяся длительность составляла от 45 до 70 секунд, максимальное скольжение произошло через 25 секунд после начала разрыва. Два афтершока были четко определены по осциллограммам со скалярным отношением моментов между ними около 1/3, третий афтершок также был обнаружен с меньшей определенностью. С учетом информации о поверхностном разрыве, была предложена геометрическая модель разлома с тремя областями. Сделан вывод, что общая длина разрыва составила между 260-300 км и максимальная ширина разрыва могла достигать 70 км.

Таким образом, современные данные о строении очаговой зоны Кеминского землетрясения 1911 года позволяют уточнить параметры это крупнейшего события. В первую очередь важен тот факт, что положение второго, наиболее крупного толчка находится в верхней части долины р. Чон-Кемин. Поверхностные разрывы, образовавшиеся при землетрясении и протянувшиеся на расстояние до 230 км, возникли в указанной долине, а в долине р. Чон-Ак-Суу, которая тяготеет к Иссык-Кульской впадине. При этом, имеется промежуток, в котором поверхностных разрывов не обнаружено – он находится в водораздельной части долин р. Чон-Кемин, Чилик и Чон-Ак-Суу. Характерной особенностью проявления поверхностных разрывов является «перескок» из субширотной долины р. Чон-Кемин в долину Чон-Ак-Суу запад-северо-западного направления. Полученные выше данные позволяют утверждать, что поверхностные разрывы образовались во время первого и третьего суб-события.

Чиликское землетрясение произошло 11 июля 1889 г. (30 июня 1889 г. по старому стилю) в 22 час. 14 мин., (φ =43,12; λ = 78,24) К=18,5; М=8,3; Н=40, силой в эпицентре 10 баллов. В отличие от других сильных землетрясений, происшедших в регионе (Верненское землетрясение 1887 г. и Чон-Кеминское землетрясение 1911 г. оно не было изучено геологическими экспедициями. Вся информация о землетрясении была получена по свидетельствам свидетелей, собранных с помощью анкет, разосланных Русским географическим обществом после землетрясения.

Из-за отсутствия детальных макросейсмических наблюдений непосредственно в эпицентральной зоне события и на основе обширного региона, над которым наблюдались высокие интенсивности, глубина гипоцентра оценивалась в 40 км (Новый каталог…,1977).

Несмотря на высокую магнитуду землетрясения, поверхностный разрыв, который мог бы соответствовать событию такого масштаба, не был определен с достаточной уверенностью. В описываемой области имеется значительное количество прерывистых отрезков активных разломов с большими смещениями крыльев (Tibaldi et. al. 1997; Abdrakhmatov et. al., 2002). По сравнению с Чиликским землетрясением, Кеминское событие 1911 г. с Mw8 сопровождалось поверхностным разрывом длиной до 200 км (Богданович и др., 1914; Delvaux et. al, 2001; Arrowsmith et. al., 2015) Более того, смещения крыльев разрыва Кеминского землетрясения 1911 г. иногда превышали 10 м и трасса разлома даже спустя сто лет хорошо сохранилась и видна в рельефе, а также на спутниковых изображениях высокого разрешения.

Таким образом, для Чиликского землетрясения с М= 8,3 длина поверхностного разрыва должна была бы составлять от 200 до 300 км, со средним смещением от 6,7 до 9,1 метра в случае взброса или сдвига, соответственно (Blaser, et.al., 2010), если землетрясение было похоже на другие континентальные события.

Современные исследования (Abdrakhmatov et.al., 2016) показывают, что в эпицентральной зоне Чиликского землетрясения 1889 года, активные отрезки разломов северо-западного простирания (Беcкарагайский, Курментинский и Сатинский) общей протяженностью 175 км, по всей видимости, являются выходом очага указанного землетрясения на поверхность. Поверхностные разрывы возникли на трех отдельных разломах, которые расположены в форме «z» и имеют смещение, которое варьируется от косого левостороннего смещения по простиранию WSW-ENE до правостороннего смещения, имеющего простирание WNW-ESE. Такая картина, хотя и необычная, совместима с общим субмеридиональнальным сокращением ~ N-S в северном Тянь-Шане (Tapponnier and Molnar, 1979; Campbell et al., 2013).

Жаланаш-Тюпское землетрясение произошло 24 марта 1978 года в окрестностях села Тюп, Кыргызстан и ощущалось на большой территории и имело локальную магнитуду MLH = 7,2 (Джанузаков и др., 2003). К сожалению, анализ этого события затруднен тем, что оно произошло через 1 час после землетрясения на Курильских островах с магнитудой MW =7,5 (CMT, 2015) и было зафиксировано как отголоски этого события. Поэтому в сейсмических записях землетрясения преобладает долгопериодная составляющая.

Переопределение местоположения эпицентра Джаланаш-Тюпского змлетрясения (Крюгер и др., 2015) показало, что нодальные плоскости указывают на правостороннее смещение вдоль плоскости восток-запад или левостороннее смещение по плоскости север-юг.

Откалиброванное местоположение землетрясения находится в восточной части хребта Кунгей Ала-Тоо, в зоне свежих скарпов (Джанабилова С., 2018) на южном из двух параллельных уступов, которые отображаются на этой долготе. Эти уступы видны до землетрясения на космоснимках КОРОНА и соответственно, сформировались до события 1978 года.

Так как по данным (Крюгер и др. 2015) глубина Джанаш-Тюпского землетрясения составляет 25 км, совпадение его эпицентра с одной из нанесенных на карту поверхностей разрывов не обязательно предполагает структурную связь. Землетрясение с Mw=5.9, происшедшее в 1990 году перелоцировано на трассу Курментинского разлома, недалеко от западного края нанесенных свежие уступов. Механизм очага, полученный из моделирования волновых форм [Sloan et al., 2011] указывает на правостороннее смещение вдоль плоскости восток-запад с глубиной центроида 18 км. Ряд небольших землетрясений, имевших место в регионе демонстрируют приуроченность к Курментинскому разлому. Второй небольшой кластер очагов расположен в висячем крыле разлома Чон-Аксу.

Таким образом, необходимо констатировать, что очаг Джанаш-Тюпского землетрясения 1978 года возник в довольно необычных условиях – в пределах сводовой части Кунгеской мегантиклинали, в зоне активизированного сегмента краевого палеозойского разлома, движения по которому возобновились в современную эпоху.

Для некоторых землетрясений сейсмотектоническая позиция эпицентров была описана впервые. Например, Сарыджазское землетрясение 2013 года (М=6,3) произошло в пределах зоны Текесского поперечного линеамента, в месте пересечения ее с новейшими разломам сочленения Терскейского поднятия с Текесской межгорной впадиной.

Отметим, что очаговые зоны Сарыкамышского 1970 года и Сарыджазского землетрясения 2013 года отличаются «классическим» положением» – в районе контрастного сочленения системы новейших поднятий и области прогибаний, в зоне новейшего краевого разлома, к висячему крылу которого приурочен очаг землетрясения. Это связано с тем, что эти землетрясения произошло на значительном удалении от рассматриваемой выше зоны активных разломов.

Подобные детальные исследования были проведены в эпицентральных зонах всех сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня, что позволило значительно уточнить их сейсмотектоническую позицию.

Выявленная нами сейсмотектоническая позиция каждого из указанных выше сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня позволяет нам предположить, что очаги сильнейших землетрясений этого региона связаны в первую очередь с реактивизацией древней Кемино-Чиликской зоны, которая на современном этапе выражена в виде одноименной зоны активных разломов.

Распределение и возникновение очагов, наблюдающиеся изменения в фокальных механизмах, рассмотренных выше землетрясениях, связаны с ориентацией Кемино-Чиликской зоны активных разломов по отношению к субмеридиональному тангенциальному сжатию.

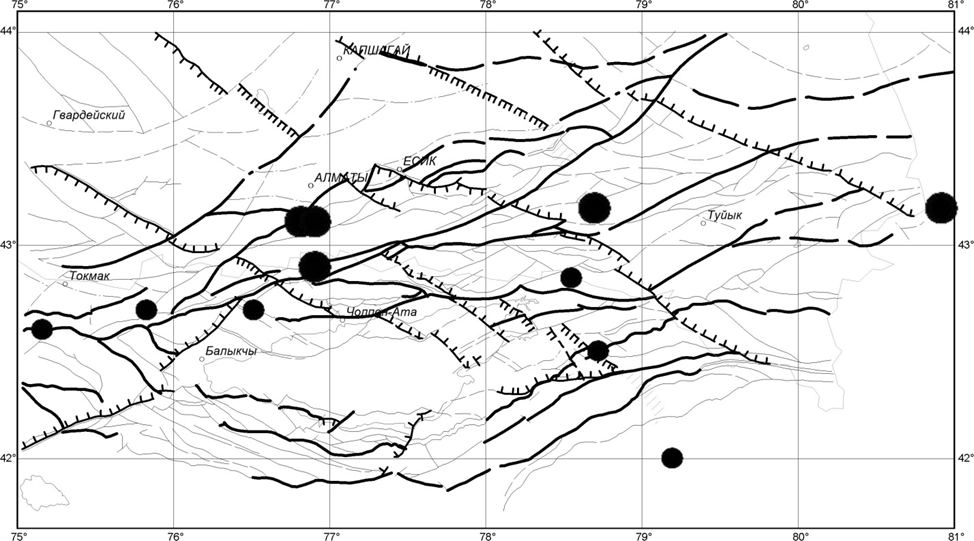
Наблюдающееся разнообразие фокальных механизмов, поверхностных разрывов, возникших при вышеуказанных событиях и разная структурная позиция очаговых зон происшедших землетрясений (положение в сводовой части хребта, Джаланаш-Тюпское землетрясение 1978 года), зигзагообразное сочленение поверхностных разрывов (Чиликское землетрясение 1889 года) объясняется наличием единой зоны, сопровождающейся оперяющими разрывами типа надвигов и взбросов.

Также автором были рассмотрены дизъюнктивные узлы как элемент сейсмической опасности. Как известно, метод сейсмоактивных узлов сейсмического районирования (Губин, 1960) предполагает приуроченность сильных землетрясений к одним и тем же участкам сейсмогенерирующих структур, т.е. к “узлам” пересечения таких структур.

Дизъюнктивные узлы являются важнейшим элементом сейсмогеодинамической системы, поскольку именно в них происходит импульсное излучение упругой энергии, накопленной в блоках земной коры.

Изучена приуроченность известных сильных землятресений Северного Тянь-Шаня к узлам разной категории. При этом мы использовали данные А.К. Трофимова, который на основе дешифрирования космоснимков и детального анализа новейших структур, выделил на этой территории ряд линеаментов. При этом в ряде случаев выделенные линеаменты совпадают с существующими разломами, выделенными геологическими и геофизическими методами (рис. 3.7). В других случаях они выделены по геоморфологическим признакам (спрямленные участки долин рек, локальные поперечные прогибы и т.д.).

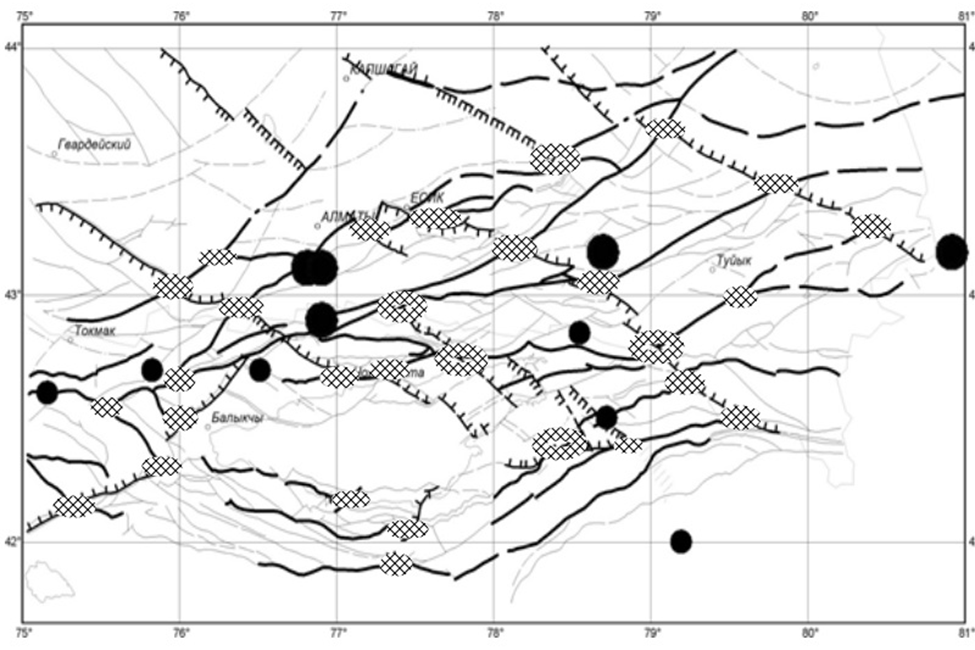
Необходимо также учитывать точность определения эпицентров древних землетрясений, которая весьма невысока (+/-50 м), а также неопределенности в определении ширины линеаментных зон.



**Рис. 3.7. Карта разломов Северного Тянь-Шаня:** черные линии - краевые разломы, тонкие линие - прочие новейшие разлом, линии с бергштрихами -линеаменты. Черные кружки большего размера - землетрясения с М 7,5 и более; меньшего размера – землетрясения М 6,5-7.5.

Рассмотренные выше данные показывают, что наиболее сейсмоопасными являются “тройные сочленения” - пересечения секущих и поперечных линеаментов с продольными краевыми разломами. К такому узлу приурочено Кеминское 1911 года, Чиликское землетрясение 1889 года. Максимальная магнитуда превышает 8. Также сейсмоопасны пересечения региональных линеаментов с краевыми разломами (Кемино-Чуйское, 1938 года; Верненское 1887 года и др.). Возможная максимальная магнитуда до 7,5. Менее сейсмоопасны пересечения краевых разломов и пересечения краевых разломов с второстепенными разломами (Сарыкамышское 1970г., Джалнаш-Тюпское1978г.). Магнитуда может достигать 6,6.

После установления таких связей мы можем перейти к следующей стадии, которая заключается в том, что при выявлении на территории Северного Тянь-Шаня условий подобных тем, где уже возникли очаги сильных землетрясений, появляется возможность экстрополировать значения максимальных магнитуд на новые узлы. Результаты такой экстрополяции представлены на рисунке 3.8.



**Рис. 3.8. Карта дизъюнктивных узлов Северного Тянь-Шаня:** эллипсы большего размера – возможные эпицентры землетрясений с М = 7,5 и более; эллипсы меньшего размера – 6,6 - 7,5.

Таким образом, выявление дизъюнктивных узлов на территории Северного Тянь-Шаня позволяет наметить положение потенциальных мест возникновения очагов сильных землетрясений в будущем и определить их возможную максимальную магнитуду. Это также позволит уточнить оценку сейсмической опасности указанной территории и повысить надежность составляемых карт сейсмического районирования.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основные результаты исследований сводятся к следующему:

1. Произведен сбор геолого-геофизической информации об очаговых зонах сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня с учетом новых данных о местоположении, фокальных механизмах, магнитуде и т.д. указанных событий.

2. Выяснена структурная позиция фоновой сейсмичности Северного –Тянь-Шаня.

3. Выявлены сейсмотектонические условия возникновения очагов сильнейших землетрясений на территории Северного Тянь-Шаня.

4. Установлено, что очаги сильнейших землетрясений этого региона связаны в первую очередь с реактивизацией древней Кемино-Чиликской зоны, которая на современном этапе выражена в виде одноименной зоны активных разломов. Наблюдающиеся изменения в фокальных механизмах рассмотренных выше землетрясений связаны с ориентацией Кемино-Чиликской зоны активных разломов по отношению к субмеридиональному тангенциальному сжатию.

5. Возникновение очагов сильнейших землетрясений рассматриваемого региона тесно связано с особенностями разломной тектоникой Кунгейской и Заилийской мегантиклинали, которые в свою очередь связана с наличием и развитием унаследованной левосдвиговой Кемино-Чиликской активной зоны. При этом взбросы, ограничивающие новейшие поднятия, выполаживаются на глубине и сочленяются с разрывами, составляющими указанную выше зону.

6. Установлено, что наиболее сейсмически опасными узлами на территории Северного Тянь-Шаня являются наиболее сейсмоопасными являются “тройные сочленения” – пересечения секущих и поперечных линеаментов с продольными краевыми разломами, а также узлы пересечения новейших разломов разных порядков.

**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. **Аширов Б.М.** Сейсмотектоническая позиция сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня [Текст] / Абдрахматов К.Е., Мураталиева Ж.З., Джумабаева А.Б. - Вестник Института сейсмологии НАН КР, 2022, № 1 (19), С. 8-12, eISSN:1694-7290 Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=48315421

2. **Аширов Б.М.** Новейшие структуры Северного Тянь-Шаня и фоновая сейсмичность, [Текст] / Калысова Ж.К., - Вестник Института сейсмологии НАН КР,

2021, (№ 2 (18), с.23-28, ISSN: 1694-7290, - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47227619>

3. **Аширов Б.М.** Скорость смещения крыльев Алматинского разлома в позднем плейстоцене-голоцене [Текст] / Абдрахматов К.Е., Мукамбаев А.С., - Геология и охрана недр, 2019, №3, с.77-81, ISSN: 2414-4282 - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41144154>

4. **Аширов Б.М.** Спутниковые наблюдения состояния земной коры на Алматинском геодинамическом полигоне, [Текст] / Нурпеисова М.Б., Менаяков К.Т., Картбаева К.Т., Dai Huayang, - Известия НАН РК. Серия. геол. и техн. наук, 2021, №6, с.93-101, ISSN 2224-5278, - Режим доступа: <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.124>

5. **Аширов Б.М.** Сейсмическая опасность района расположения Бартогайского водохранилища (Республика Казахстан), [Текст] / Абдрахматов К.Е., Айтмырзаев Ж.С., Мукамбаев А.С., - Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, №3, 2019, с.48-54, ISSN 1694-7649, - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38936593>

6. **Аширов** **Б.М.** Оценка сейсмической опасности Тянь-Шаня на основе данных об активных разломах, [Текст] / К. Е.Абдрахматов, А.С.Мукамбаев, - Вестник Института сейсмологии НАН КР №2, 2019, с.16-21, eISSN: 1694-7290, - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42432141>

7. **Аширов Б.М.** Положение эпицентральной зоны Кемино-Чуйского землетрясения 1938 года с М=6.9, [Текст] / Абдрахматов К.Е., - Известия вузов Кыргызстана 2019, №1, с.31-36, ISSN 1694-8475, - Режим доступа: <http://www.science-journal.kg/ru/journal/2/archive/12397>

8. **Аширов Б.М.** Дизъюнктивные узлы как элемент сейсмической опасности, [Текст] / -Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2018, №9, с.40-46, ISSN 1694-7649, - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37030547>

9. **Аширов Б.М.** Особенности новейшей тектоники Тянь-Шаня и Джунгарии, [Текст] / К.Е.Абдрахматов, Ж.С.Айтмырзаев, - Вестник Института сейсмологии НАН КР 2018, №2, с.8-14, ISSN 1694-7290, - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36328280>10. **Аширов Б.М.** Тектоническая позиция Чиликского землетрясения 1889 года с М =8,3., К.Е.Абдрахматов, - Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, №10, 2018, с.23-28, ISSN 1694-8491, - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38569709>

11. **Аширов Б.М.** Сейсмотектоника района Сарыджазского землетрясения, [Текст] / Н.П.Степаненко, Т.В.Тарадаева, - Известия НАН РК. Сер. геол. и техн. наук, №6, 2013, с.58-65. ISSN 2224-5278, - Режим доступа: <http://geolog-technical.kz/images/pdf/g2013/06.pdf>

**КЫСКАЧА МААЛЫМАТ**

**25.00.01 – жалпы жана аймактык геология адистиги боюнча геология-минералогия илимднринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн**

**Аширов Беимбет Мамановичтин «Түндүк Тянь-Шандын эң күчтүү жер титирөөлөрүнүн очоктук зоналарынын сейсмотектоникалык абалы» диссертациясы.**

**РЕЗЮМЕ**

**диссертации Аширова Беймбета Мамановича «Сейсмотектоническая позиция очаговых зон сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 - Общая и региональная геология**

**Ключевые слова** – землетрясения, сейсмотектоническая позиция, дизъюнктивные узлы, сейсмическая опасность.

**Объект исследования** – очаговые зоны сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня

**Предмет исследования** - сейсмическая опасность, сейсмотектонические условия, очаги землетрясений

**Основная цель диссертационных исследований** - выявление сейсмотектонической позиции очаговых зон сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня на основе современных данных.

**Методы исследования** - Инструментальные, полевые, дешифрирование космоснимков, статистический анализ.

**Полученные результаты и их новизна.**

1. Впервые для территории Северного Тянь-Шаня выявлены и обобщены геолого-тектонические особенности очаговых зон сильнейших землетрясений этого региона.

2. Установлено, что очаги сильнейших землетрясений этого региона связаны в первую очередь с реактивизацией древней Кемино-Чиликской зоны, которая на современном этапе выражена в виде одноименной зоны активных разломов. Наблюдающиеся изменения в фокальных механизмах рассмотренных выше землетрясениях связаны с ориентацией Кемино-Чиликской зоны активных разломов по отношению к субмеридиональному тангенциальному сжатию.

3. Выявление дизъюнктивных узлов на территории Северного Тянь-Шаня позволяет наметить положение потенциальных мест возникновения очагов сильных землетрясений в будущем и определить их возможную максимальную магнитуду.

**Рекомендации по использованию.** Результаты исследования могут быть использованы для детализированной оценки сейсмической опасности в Северном Тянь-Шане, что повысит точность сейсмического районирования и картирования.

**Область применения** – оценка сейсмической опасности для территории Северного Тянь-Шаня, включая Кыргызстан и Казахстан.

**RESUME**

**A dissertation by Ashirov Beimbet Mamanovich “Seismotectonic position of focal zones of the strongest earthquakes in the Northern Tien Shan” for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences in specialty 25.00.01 - General and regional geology.**

**Key words** - earthquakes, seismotectonic position, disjunctive nodes, seismic hazard.

**The research object** is the Northern Tien Shan.

**The subject of research** is seismic hazard, seismotectonic conditions, earthquake sources.

**The main goal** of the dissertation research is to identify the seismotectonic position of the focal zones of the strongest earthquakes in the Northern Tien Shan on the basis of modern data.

**The research methods** is instrumental, field, space images interpretation, statistical analysis.

**The results obtained and their novelty**

1. For the first time for the territory of the Northern Tien Shan, the geological and tectonic features of the focal zones of the strongest earthquakes in this region have been identified and generalized.

2. It has been established that the sources of the strongest earthquakes in this region are primarily associated with the reactivation of the ancient Kemino-Chilik zone, which at the present stage is expressed as a zone of the same name of active faults. The observed changes in the focal mechanisms of the earthquakes considered above are associated with the orientation of the Kemino-Chilik zone of active faults in relation to the submeridional tangential compression.

3. Revealing disjunctive nodes on the territory of the Northern Tien Shan makes it possible to outline the position of potential places of occurrence of sources of strong earthquakes in the future and to determine their possible maximum magnitude.

The rate of research is the research results can be used to assess the seismic hazard of the Northern Tien Shan territory, including the territory of the Kyrgyz Republic and the Republic of Kazakhstan.

**Application** is a seismic hazard assessment.

Подписано в печать . . 2024 г.

Формат 60х84 1/16. Объем 1,5 п.л.

Бумага офсет. Печать офсет. Тираж 100 экз.

ЧП «Сарыбаев Т.Т.»

г. Бишкек, ул. Раззакова, 49

т. 0 708 058 368