

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ
ГЕОЛОГИИ им. М.М. АДЫШЕВА НАН КР И ИНСТИТУТ
СЕЙСМОЛОГИИ НАН КР**

ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ Д 25.17.555

*На правах рукописи
УДК 551.242(551.43)*

Джанабиллова Самал Оралгановна

**РАЗЛОМНО-БЛОКОВАЯ СТРУКТУРА СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ
И ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ**

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: 25.00.01 - Общая и региональная геология

**Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук**

Бишкек – 2018

Работа выполнена в Институте сейсмологии Национальной Академии
наук
Кыргызской Республики

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
Абдрахматов Канатбек Ермакович

Официальные оппоненты: Доктор геолого-минералогических наук,
Киселев Владимир Владимирович
Кандидат геолого-минералогических наук
Молдобеков Болот Дуйшеналиевич

Ведущая организация: Институт горного дела и горных технологий
имени академика У. Асаналиева

Адрес: Кыргызстан, Бишкек, проспект Чуй 215;
проспект Чуй 164

Защита состоится «14» мая 2018 года в 12:00 часов на заседании Совета по защите диссертаций Д.25.17.555 при Институте геологии имени А.А.Адышева Национальной академии наук Кыргызской Республики, Институте сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики и Кыргызско-Российском Славянском Университете имени Б.Н.Ельцина по адресу: 720481, г. Бишкек, бул. Эркиндик, 30.

Тел.: (+996 312) 664737, E-mail: ig.dissovet.kg@gmail.com

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке Института геологии им. М.М. Адышева НАН КР, по адресу: 720481, г. Бишкек, бульвар Эркиндик 30 и на сайтах www.vak.kg и disignan.com.kg

Автореферат разослан « » апреля 2018 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета, к.г.н.

Тиленова Д.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Разломы и блоки всегда рассматривались как взаимосвязанные структурные формы. Неразрывность понятий разломов и блоков и их широкое распространение в верхней хрупкой части литосферы дали основание во многих геолого-структурных и геофизических (в том числе и сейсмологических) исследованиях структуру литосферы рассматривать как разломно-блоковую (Хаин, 1994). При этом сейсмический процесс в сейсмических зонах обуславливается тектонофизическими параметрами разломно-блоковой среды литосферы, степенью ее относительной подвижности и другими параметрами (Шерман, 2014). Поэтому выявление этих параметров в целях оценки сейсмической опасности различных территорий является весьма актуальным.

При проведении, всех этапов исследований по оценке сейсмической опасности обширных территорий, включающих в себя к тому же территории нескольких независимых государств, для повышения их эффективности и минимализации возможных ошибок, высокую важность имеет вопрос качества и сохранности геолого-геофизической информации. Так как Северный Тянь-Шань, в пределах которого произошло несколько разрушительных землетрясений с $M \geq 7,5$, расположен на территории двух независимых государств (Республика Казахстан и Кыргызская Республика), то создание базы геолого-геофизической информации (на первом этапе в виде каталогов), которая будет доступна широкой аудитории, является актуальным.

При вероятностной оценке сейсмической опасности применяются две сейсмические модели: модель площадного сейсмического источника и модель линейного сейсмического источника. При использовании первой модели источниками считаются площади, которые выделяются в соответствии с распределением землетрясений. Во втором случае за источник землетрясений принимаются осевые линии зон новейших разломов с заданной максимальной магнитудой. При этом принимается доказанным, что каждый новейший разлом является активным в позднем плейстоцене-голоцене, т.е. на протяжении последних 100 тыс. лет геологической истории.

Однако при исследованиях по первой модели выделение площадей производилось довольно произвольно и субъективно. В пределах одного и того же региона (в нашем случае Северного Тянь-Шаня) разными авторами выделяются разные площади, хотя распределение землетрясений практически одно и то же. Соответственно, полученные результаты различаются довольно серьезно.

Вторая модель принимает во внимание осевые линии зон новейших разломов. Считается, что каждый новейший разлом является активным в позднем плейстоцене-голоцене, т.е. на протяжении последних 100 тыс. лет геологической истории. Поэтому, при оценке сейсмической опасности либо считают всю зону новейшего разлома потенциально опасной без указания на ее

активность в позднем плейстоцене-голоцене, либо выделяют только те разломы, в пределах которых есть указания на то, что его крылья были активны в указанное время. В работе показано, что такое разделение существенно меняет картину структурного рисунка региона и соответственно, меняет картину сейсмической опасности.

Наконец, само изучение активных разломов, привело к выявлению новых данных, которые позволяют внести существенные коррективы в существующие карты сейсмического районирования.

Связь темы диссертации с крупными научными программами.

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 сейсмического риска на территории Кыргызской Республики», раздел: «Блоково-разломная структура Северного Тянь-Шаня», номер № госрегистрации 0005689 (2015-2017 гг.).

Цели и задачи исследования.

Основной целью настоящей работы являлась оценка сейсмической опасности территории Северного Тянь-Шаня на основе базы данных о разломно-блоковой структуре доновейшего фундамента, новейшей структуре, активных разломах и т.д.

Среди решаемых задач:

1. Создание базы данных, включающей полное и систематическое описание разломно-блокового строения территории Северного Тянь-Шаня и составление каталогов доновейших и новейших блоков, новейших разломов и разломов, активных в позднем плейстоцене-голоцене.
2. Выявление основных особенностей современного сейсмотектонического развития территории Северного Тянь-Шаня на основе изучения активных разломов этого региона.
3. Оценка сейсмической опасности территории Северного Тянь-Шаня на основе полученных данных об активных разломах.

Научная новизна полученных результатов

1. Впервые для территории Северного Тянь-Шаня (включая территорию Казахстана и Кыргызстана) создана информационная база, представляющая собой набор геолого-геофизических данных о разломно-блоковой структуре доновейшего фундамента, новейшей структуре, активных разломах и т.д. которая послужит основой для различных оценок сейсмической опасности и сейсмического риска указанной территории. Произведено полное и систематическое описание разломно-блокового строения этой территории и составлены каталоги доновейших и новейших блоков, новейших разломов и разломов, активных в позднем плейстоцене-голоцене.

2. Установлено, что разломно-блоковая структура Северного Тянь-Шаня имеет специфические черты в доновейшей, новейшей и

позднеплейстоценовой структуре. При этом раздробленная в течение геологического времени структура земной коры Северного Тянь-Шаня с течением времени стремилась «сконсолидироваться» в несколько основных блоков, ответственных за особенности сейсмического режима этого региона. Именно по разломным ограничениям этих блоков сосредоточена основная сейсмичность региона и, соответственно, при оценке сейсмической опасности в качестве площадных источников должны быть выбраны эти блоки.

3. Полученные данные позволяют утверждать, что в пределах восточной части Северного Тянь-Шаня формируется современная зона структурной перестройки земной коры, которая, по всей видимости, отражает активно протекающий в литосфере деструктивный процесс. Этот процесс, несомненно, будет сопровождаться сильными землетрясениями, поэтому представляется необходимым пересмотреть существующую карту сейсмического районирования Казахской Республики с учетом новых данных.

4. Составлен новый детерминистский вариант карты сейсмической опасности территории Северного Тянь-Шаня.

Практическая и экономическая значимость полученных результатов

Результаты исследования могут быть использованы при составлении карт сейсмического районирования территорий Кыргызской Республики и Республики Казахстан, при рациональном размещении объектов промышленного и гражданского строительства, в особенности, при выборе мест для размещения крупных объектов гидротехнического строительства и малых ГЭС. Полученные результаты являются основой для расчетов сейсмического риска крупных городов и важных объектов

Защищаемые положения.

1. Тектонофизические параметры разломно-блоковой среды земной коры Северного-Тянь-Шаня ответственны за особенности сейсмического процесса в Северо-Тяньшаньской сейсмической зоне.

2. Раздробленная структура верхней части земной коры Северного Тянь-Шаня в позднечетвертичное время была «сконсолидирована» в несколько основных блоков: Киргизский, Иссык-Кульский, Заилийский, Чу-Кендыктасский и Чарынский. Основные активные разломы ограничивают эти блоки и очаги сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня приурочены к ограничениям этих блоков. Соответственно, такая приуроченность должна учитываться при оценке сейсмической опасности этого региона.

3. В пределах восточной части Северного Тянь-Шаня формируется современная зона структурной перестройки земной коры, которая, по всей видимости, отражает активно протекающий в литосфере деструктивный процесс.

Методика исследований и достоверность результатов

Диссертация выполнена на основе результатов научных исследований, выполненных в период с 2008 по 2017 год. В этот период диссертант принимал участие в полевых исследованиях, проведенных в Алакольской, Илийской, Кегенской и Чиликской впадинах, проводил описание траншей, пройденных

вкрест простирания активных разломов и обработку результатов полученных данных. Для составления каталога новейших разломов территории Северного Тянь-Шаня были изучены опубликованные данные, были собраны сведения о параметрах разломов (простирание, угол падения, возможная сегментация и др.) Было проведено дешифрирование аэрофотоснимков некоторых районов Северного-Тянь-Шаня, детальный анализ зон активных разломов с использованием Google Earth и др.

Личный вклад соискателя состоял в следующем:

- в сборе, анализе и обработке данных о структуре доновейшего фундамента, новейших блоках, новейших и активных разломах изучаемой территории.

- составление базы геолого-геофизических данных для оценки сейсмической опасности территории Северного Тянь-Шаня

- выявление новых активных разломов

- составление нового варианта карты оценки сейсмической опасности

Апробация результатов работы.

Результаты работ были доложены в виде докладов на Международных и Республиканских конференциях и совещаниях, как-то: 7-ого Казахстанско-Китайского международного симпозиума, Алматы, 2010; 4-ая 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 геоэкологии внутриконтинентальных 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.

Опубликованность результатов

Основные результаты работы нашли свое отражение в печатных изданиях, рекомендованных в ВАК МОН РК и НАК КР. Опубликовано 30 научных статей и тезисов.

Структура и объем диссертации.

Диссертация, объемом 160 страниц, состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. В работе имеется 76 рисунков и фотографий, 4 таблицы и 148 наименований использованной литературы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определены цель и задачи исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, раскрыта научная и практическая значимость работы.

В первой главе произведен критический разбор методов и подходов, применяемых к оценке сейсмической опасности. В настоящее время, при оценке сейсмической опасности различных территорий используются в основном два подхода: детерминистский и вероятностный.

Детерминистская оценка сейсмической опасности в значениях пиковых ускорений грунта PGA и в значениях балльности по шкале MSK-64 определяет величину сейсмических воздействий при максимально возможных землетрясениях, но с очень маленькой вероятностью (для промышленных и гражданских сооружений 1 раз в 2500 лет, для ответственных сооружений включая большие плотины 1 раз в 10 000 лет).

При вероятностном подходе определяется расчетная интенсивность со средней повторяемостью в данной точке. Часто эту проблему называют сейсмическим риском, понимая под этим оценку вероятности того, что в данном месте за фиксированный промежуток времени случится хотя бы одно землетрясение с уровнем воздействия не меньше заданного. При этом уровень воздействия может выражаться как в макросейсмических оценках, так и в значениях параметров сейсмических колебаний.

Приведен детальный анализ предыдущих исследований, проведенных в пределах Северного Тянь-Шаня, включая территории Кыргызской Республики и Республики Казахстан. Сравнение исследований, проведенных в рамках различных проектов, а также при оценке сейсмической опасности специалистами разных стран Центральной Азии методов показывает, что разные методы показывают явные различия между собой в терминах абсолютного уровня сейсмической опасности, хотя при этом расположение районов с наивысшей опасностью совпадают. Очевидно, что различия, главным образом, связаны с разным сеймотектоническим районированием.

Как известно, при вероятностной оценке сейсмической опасности подходы применяются две сейсмические модели: модель площадного сейсмического источника и модель линейного сейсмического источника. При использовании первой модели источниками считаются площади, которые выделяются в соответствии с распределением землетрясений. Во втором случае за источник землетрясений принимаются осевые линии зон новейших разломов с заданной максимальной магнитудой. При этом принимается доказанным, что каждый новейший разлом является активным в позднем плейстоцене-голоцене, т.е. на протяжении последних 100 тыс. лет геологической истории.

Представляется, что при исследованиях по первой модели выделение площадей чаще всего производится довольно произвольно и субъективно. На одной и той же площади (в нашем случае территория Северного Тянь-Шаня)

разными авторами выделяются разные площади, хотя распределение землетрясений не изменилось. Соответственно, полученные результаты различаются довольно серьезно.

Сравнение исследований, проведенных в рамках различных проектов, а также при оценке сейсмической опасности специалистами разных стран Центральной Азии методов показывает, что разные методы показывают явные различия между собой в терминах абсолютного уровня сейсмической опасности, хотя при этом расположение районов с наивысшей опасностью совпадают. Очевидно, что различия, главным образом, связаны с разным сеймотектоническим районированием.

Нам представляется логичным, что выделение площадей должно основываться на серьезных геологических основаниях. При этом, как указывалось выше, основным положением, которое должно лежать в фундаменте всех построений, является тезис о том, что сейсмический процесс в земной коре определяется двумя главными факторами: 1) характером и интенсивностью новейших и современных тектонических движений, 2) составом и строением подвергающегося деформации геологического объекта (макрослои, пласты, блоки и т.д.).

Поэтому для выделения площадей при модели площадного сейсмического источника нами предложено выделять геологические блоки. При этом, блоками называются ограничения отдельных крупных или небольших массивов литосферы или горных пород глубинными или разломами других рангов и трещинами, хорошо выделяемыми при картировании или дешифрировании (Шерман, 2014).

Вторая модель принимает во внимание осевые линии зон новейших разломов. Как указывалось выше, считается, что каждый новейший разлом является активным в позднем плейстоцене-голоцене, т.е. на протяжении последних 100 тыс. лет геологической истории. Однако такое допущение представляется нам недоказанным. Известно, например, что зона известного на Тянь-Шане разлома, называемого «линией Николаева» которая была активной протяжении начальных стадий новейшего этапа, но, начиная с четвертичного времени, потеряла активность (Абдрахматов и др., 2007). Кроме того, как показано в диссертации, даже зоны активных новейших разломов имеют сегменты, которые в позднем плейстоцене - голоцене не были активными.

Поэтому, при оценке сейсмической опасности надо, либо считать всю зону новейшего разлома потенциально опасной без указания на ее активность в позднем плейстоцене-голоцене, либо выделять только те разломы, в пределах которых есть указания на то, что его крылья были активны в указанное время. Как показано в работе, такое разделение существенно меняет картину структурного рисунка региона и, соответственно, меняет картину сейсмической опасности.

Во второй главе приводится краткая характеристика структуры домезозойского фундамента (доновейшая тектоника) и новейшей структуры на основе опубликованных данных.

В строении домезойского фундамента Северного Тянь-Шаня принимают участие глубокометаморфизованные породы дорифейского фундамента, осадочные и магматические образования байкальско-каледонского геосинклинального комплекса, эпикаледонских (герцинских) наложенных и приразломных прогибов.

Основными структурными элементами домезойского фундамента рассматриваемого региона являются: Иссык-Кульский и Актюз-Боординский блоки карельской стабилизации Муюнкумо-Наратского срединного массива, Кеминская и Киргизско-Терсейская каледонские складчатые зоны, эпибайкальские и эпикаледонские наложенные прогибы. Они разграничены разрывными нарушениями различного ранга (Тектоническая карта Киргизской ССР, 1987). Приводится детальное описание выделенных блоков.

Отложения покрова, выполняющие Иссык-Кульскую межгорную впадину, разделяются на два комплекса: терригенный континентальный, соответствующий платформенному этапу развития в мезозое и палеогене, и молассовой, образованный в новейшем орогеническом этапе на протяжении позднего олигоцена, неогена и четвертичного времени (Чедия, 1986). Приводится описание новейших отложений рассматриваемого региона.

В третьей главе приводятся сведения о блоковой структуре Северного Тянь-Шаня. Блоково-мозаичный характер строения верхней части земной коры обуславливается глубиной проникновения и в нее и ориентировки разрывных нарушений в результате длительного и сложного геологического развития определенного региона. Раздробленность коры на отдельные («блоки» в общепринятом понимании) различного размера по площади и значимости образуют закономерный иерархический ряд от глобального и регионального до локального масштаба (плита – малые плиты – микроплита – мегаблоки – макроблоки (глыбы) – блоки и т. д.).

Каледониды Северного Тянь-Шаня на севере тектонически граничат с палеозоидами Южного Казахстана, а на юге по системе глубинных разломов («линия Николаева») с герцинидами Срединного Тянь-Шаня. Они отличаются широким развитием допалеозойских и нижнепалеозойских магматических и осадочно-вулканогенных образований. Меньшее распространение имеют средне-верхнепалеозойские отложения, которые несогласно залегают на древних толщах. Основными элементами домезозойской структуры Северного Тянь-Шаня являются Муюнкумская и Иссык-Кульская глыбы (обломки допалеозойских образований) Муюнкумо-Наратского срединного массива, обрамляющие его каледонские складчатые комплексы и средне-верхнепалеозойские структуры эпикаледонских прогибов (Тектоническая карта Киргизской ССР, 1987).

Важнейшими особенностями внутреннего строения вышеотмеченных тектонических единиц является их блоковой характер строения (Кнауф, 1962; Помазов, 1962; Киселев, Королев, 1964; Бакиров, 1965). Во внутренних частях Муюнкумской и Иссык-Кульской глыб срединного массива в основном формировались блоки изометричной, близко-изометричной формы, сложенные

породами «жесткой» конструкции сиалического ряда. Ограничениями блоков служили разрывные нарушения северо-западного и северо-восточного простирания.

Тектонические блоки в составе докембрийской гетерогенной структуры Северного Тянь-Шаня созданы различными по типу и возрасту движениями докембрийского и палеозойского этапов его развития. В результате чего значительная часть блоков испытала дифференциальные перемещения, что нашло отражение в специфике строения, составе и наборе слагающих их осадочно-вулканогенных и магматических формаций. Различия в геологическом строении приводят к индивидуализации блоков.

Как известно, о морфологии новейших структурных форм можно судить по характеру деформации пенеплена, выработанного на самых различных по возрасту следующих зонах. О. К. Чедия (1986), Э. Арган (1935), С. С. Шульц (1948), называли такие формы «складками основания». Для них характерно асимметричное строение и наличие разрыва, осложняющего крутое крыло. Такое сочетание складчатой деформации с разрывом послужило поводом к названию подобных структур «глыбовыми складами» (И. М. Синицин, И. П. Герасимов). Чаще всего структурные формы, представляющие комбинацию складчатой и разрывной дислокации именуются «грабен-синклиналями» и «горст-антиклиналями» (О. К. Чедия, 1986).

Однако, в сейсмотектонических построениях, иногда для выявления особенностей пространственно-временного распространения сейсмичности бывает важно и полезно иногда абстрагироваться от складчатого характера новейших мегантиклиналей и называть их блоками, подчеркивая разломно-блоковый характер земной коры. Поэтому в работе применяется нейтральный термин «блок» или «блоковая структура».

Для выявления блоковой структуры Северного Тянь-Шаня была составлена карта новейшей тектоники этого региона в масштабе 1:500000. Эта карта позволяет оконтуривать новейшие структуры, обладающие разным темпом и направленностью движений.

В четвертой главе приведено детальное описание новейших разломов. Как известно, новейшие разломы составляют основу сейсмогенерирующих зон, т.е. зон, которые генерируют землетрясения. В свою очередь, сами сейсмогенерирующие зоны являются «скелетной основой» (по выражению О.К.Чедия) карт сейсмического районирования. Таким образом, детальное картирование новейших разломов, выявление их основных характеристик (углы падения, азимуты простирания, скорости смещения крыльев и др.) являлось важнейшей процедурой в исследованиях по оценке сейсмической опасности территорий.

Основное внимание было уделено краевым разломам, которые являются ограничениями наиболее крупных блоков, обладающих на новейшем этапе разным направлением и режимом движений. Дается характеристика новейших разломов Северного Тянь-Шаня, при этом для тех из них, которые на всем

протяжении или хотя на отдельных сегментах были активны на протяжении позднего плейстоцена-голоцена, дается также характеристика и их активности.

Приведено описание выделенных новейших блоков и составлен каталог. В каталоге в табличной форме приведены следующие данные: средний размер блока (длина x ширина), средняя амплитуда деформаций за новейшее время, мощность земной коры, зафиксированная в пределах блока, средняя глубина гипоцентров землетрясений с $M \geq 5,0$, количество землетрясений с $4.5 \leq M < 6.5$ за период 1973-2015, M_{\max} за период 1973-2015 гг. (M_{pv}) и за весь период наблюдений (M_{\max}), геологическое строение блока.

Показано, что раздробленная структура Северного Тянь-Шаня, отчетливо выраженная в перекрестно-решетчатом характере системы разломов, в позднечетвертичное время была “сконсолидирована” в несколько основных блоков: Киргизский, Иссык-Кульский, Заилийский, Чу-Кендыктасский и Чарынский. Именно по разломным ограничениям указанных блоков сосредоточена основная сейсмичность региона и, соответственно, при оценке сейсмической опасности в качестве площадных источников должны быть выбраны эти блоки.

Приведен каталог активных разломов Северного Тянь-Шаня. Описываются следующие параметры: кинематический тип разлома, величина новейшего смещения, (скорость смещения в Q_3 - Q_4 , мм/год), протяженность, км (количество и протяженность сегментов), углы и азимуты падения, землетрясение, происшедшее в пределах разлома (протяженность сейсмогенного сегмента), M_{\max} , предполагаемая по геологическим данным, указан источник данных

В главе пятой приведены данные о современной деструкции земной коры восточной части Северного Тянь-Шаня

Работами В.И. Шермана (2014 и др.) показана сложная взаимосвязь разломной тектоники на разных иерархических уровнях с сейсмическими событиями разных энергетических классов. Установлено, что «фиксируемая инструментальными наблюдениями сейсмичность отражает процесс современной деструкции (разломообразования) верхней, упругой части литосферы и, следовательно, не всегда может или должна корреспондировать с относительно консервативной по отношению к сейсмическому процессу известной сеткой разломов и системой блоков различных иерархических уровней, геологических этапов заложения и активизации (Шерман, 2014, стр. 136). Было предложено использовать сейсмический процесс для решения «обратной» задачи – выделения зон современной деструкции литосферы, с которой он генетически связан.

Использование предложенного подхода для выделения таких деструктивных зон в пределах Северного Тянь-Шаня позволило получить весьма интересные результаты.

Приведено распределение величины плотности эпицентров землетрясений, зарегистрированных в пределах Северного Тянь-Шаня с 1980 по 2006 гг. (рис.1). Здесь же показаны изолинии скоростей горизонтального

сокращения земной коры Тянь-Шаня по данным GPS (UNAVCO, 2008). Обращает на себя внимание достаточно стабильный по времени и пространству ареал с интенсивной концентрацией (повышенной плотности) эпицентров землетрясений, протягивающийся от г. Алматы в юго-восточном направлении. Он пересекает основные новейшие структуры (Заилийский хребет, Восточно-Кунгейский хребет) и новейшие разломы (Кемино-Чиликский, Джаланашский, Талдысуйский). Другой ареал расположен восточнее первого, имеет вид ответвления от первого, меньшую протяженность, но простирается в субширотном направлении.

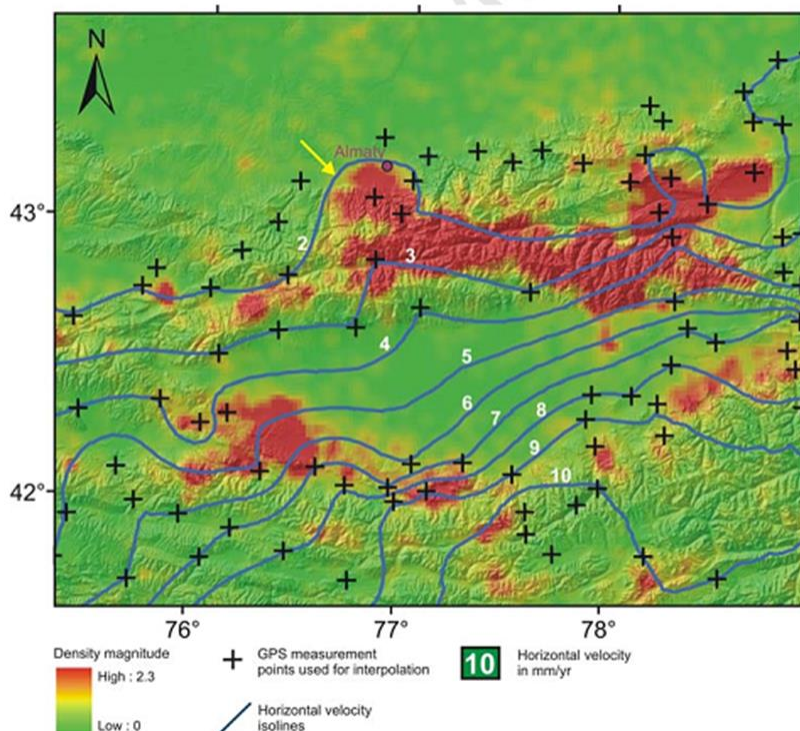


Рис.1. Карта плотности землетрясений и контуры скоростей современных смещений земной коры по данным GPS на территории Северного Тянь-Шаня. (Torizin, J. et.al., 2008). Условные обозначения: Слева направо – величина плотности, крестиками показаны пункты GPS, использованные для интерполяции, синими линиями показаны изолинии скорости смещений, цифры возле линий – горизонтальная скорость в мм/год

На рис.2 представлена карта активных разломов восточного окончания Северного Тянь-Шаня (в пределах Кыргызской Республики и Республики Казахстан). Обращает на себя внимание наличие, кроме обычных для этого региона активных субширотных разломов, также и разломов северо-западного простирания. При этом некоторые из таких разломов явно являются новообразованными, так как располагаются вне пределов новейших дизъюнктивов. Таковыми являются зона разломов, нарушающих рельеф пригребневой части Кунгейского хребта и зона разлома, расположенная на северном склоне гор Акшолок.

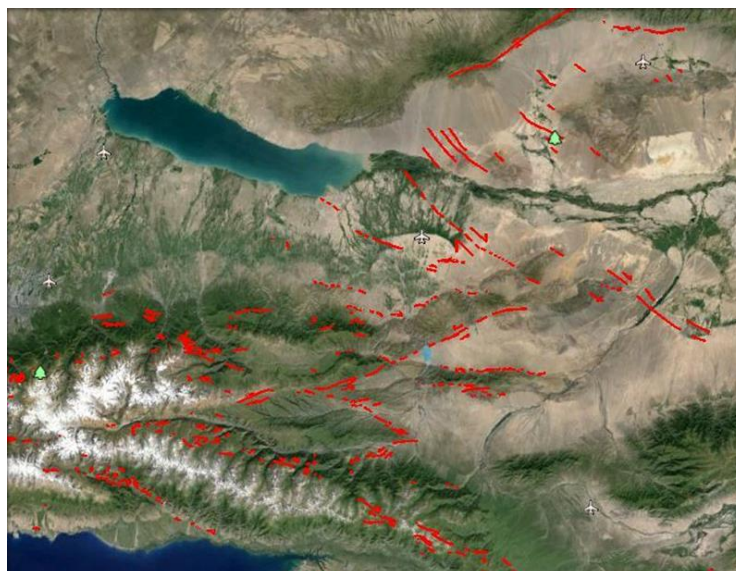


Рис.2. Карта активных разломов восточной части Северного Тянь-Шаня

Выделенная выше полоса повышенной плотности эпицентров современных землетрясений пространственно совпадает с пространственным положением таких «новообразованных» разломов. Этот факт позволяет утверждать, что указанная полоса является долговременной и пространственно стабильной. Характеризуемая зона может рассматриваться как зарождающийся магистральный шов, соответствующий начальным этапам формирования достаточно крупного разлома земной коры.

Приводятся данные о том, что в восточной части Северного Тянь-Шаня в позднем плейстоцене-голоцене активизировались разломы северо-западного простирания, представляющие собой правосторонние сдвиги с незначительной вертикальной компонентой. При этом важнейшей особенностью рассматриваемых разрывов является их сейсмический генезис.

Приведенные выше данные позволяют утверждать, что в пределах восточной части Северного Тянь-Шаня формируется современная, долговременно существующая зона деструкции земной коры, которая, по всей видимости, отражает активно протекающий в литосфере деструктивный процесс. Этот процесс, несомненно, будет сопровождаться сильными землетрясениями, поэтому представляется необходимым пересмотреть существующую карту сейсмического районирования Казахской Республики с учетом новых данных, приведенных выше.

В шестой главе приведена детерминистская оценка сейсмической опасности в значениях пиковых ускорений грунта (PGA) и в значениях балльности по шкале MSK-64. При этом было принято допущение, что сейсмические источники являются линейными с одинаковой вероятностью возникновения землетрясений заданной максимально возможной магнитуды, для конкретного линейного источника в каждой точке этого источника.

Поскольку землетрясение происходит на глубине в зоне разлома, то положение эпицентра на поверхности не совпадает с местом выхода на поверхность этого разлома.

В связи с этим, при выполнении расчетов были приняты следующие допущения.

1. Углы падения упомянутых выше разломов изменяются от 50 до 70 градусов, и средняя величина была принята в 60 градусов.

2. Средняя глубина гипоцентров землетрясений с магнитудой $M \geq 7$ – 8 составляет 20 км, а для землетрясений с $M \geq 6-6.5$ – 15 км (для территории Средней Азии).

С учетом этих допущений была построена карта положения на поверхности эпицентров землетрясений вдоль осевых линий зон разломов с учетом положения гипоцентров, которая использовалась в дальнейшем для выполнения расчетов (рис. 4).

Задачей являлось определить величины сейсмических ускорений, точнее пиковых ускорений грунта (PGA) (горизонтальная составляющая) и интенсивности в баллах в зависимости от расстояния до сейсмического источника.

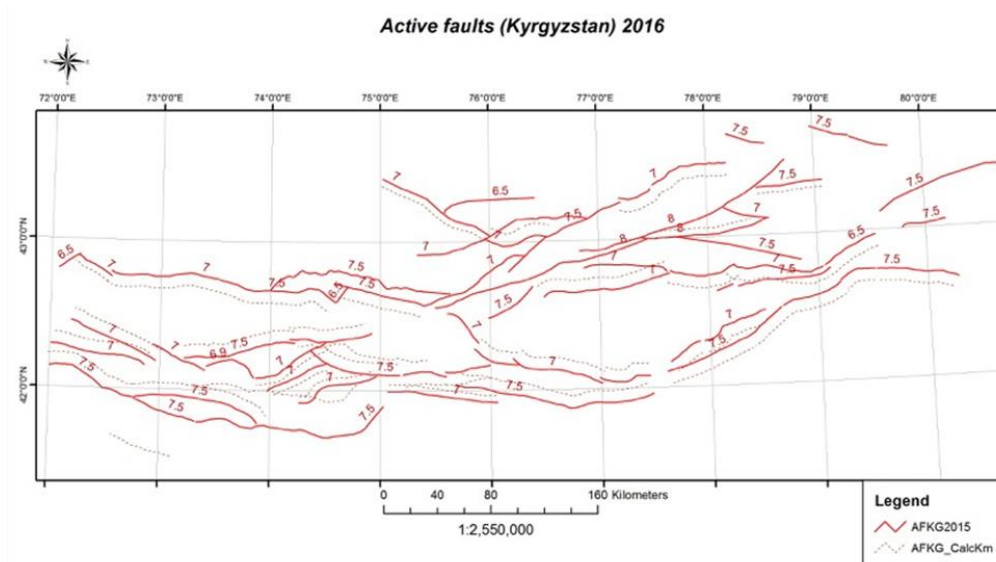


Рис.3. Карта активных разломов территории Северного Тянь-Шаня. Цифры рядом с линиями разломов – максимальная возможная магнитуда землетрясений по геологическим данным

Определение закономерностей затухания колебаний (ускорений или скоростей) в зависимости от расстояния до источника землетрясения является одной из наиболее важных проблем при оценке сейсмической опасности. Для получения наиболее реальной карты сейсмической опасности того или иного региона необходимо, чтобы зависимость затухания была основана на детальном анализе макросейсмических и инструментальных данных для данного региона, а также учитывала локальный эффект грунтовых условий.

Применительно к Северному Тянь-Шаню были приняты наиболее приемлемое эмпирическое уравнение, которые было уже использовано при оценке сейсмической опасности для территории Центральной Азии. Кроме того, это уравнение затухания учитывает и морфологический тип разлома, как источника землетрясений. Поэтому в используемых уравнениях затухания интенсивности использовались эмпирические коэффициенты именно для

взбросо-надвигового типа разломов, поскольку именно такой тип разломов развит в Северном Тянь-Шане.

Использовалось одно из последних уравнений, предложенное С.Аккаром и Дж. Бумером (Akkar S, Bommer JJ., 2010)

$$\text{Log}[\text{PGA}] = 4,185 - 0,112M + (-2,963 + 0,290M)\text{log}\sqrt{R_{jb}} + 7,5932 + 0,099S_s + 0,020S_a - 0,034F_n + 0,104F_r,$$

где M – моментная магнитуда M_w в см/сек², R_{jb} – эпицентральное расстояние в км; S и F – коэффициенты в зависимости от типа породы и разлома (подвижка в очаге). В нашем случае S_a , S_s и F_n приняты равными 0, а $F_r = 1$.

Поскольку при сейсмическом районировании были использованы оценки сейсмических воздействий в значениях сотрясаемости в баллах по шкале MSK-64 в данном исследовании также были выполнены расчеты сейсмических воздействий в баллах интенсивности сотрясений. Использовалось уравнение Д. Бинди с соавторами основанное на анализе данных по Центральной Азии (Bindi et., al., 2014).

$$I = a_1M + a_2 - a_3\text{log}_{10}(\sqrt{R_{epi}^2 + h^2}/h^2 - a_4(\sqrt{R_{epi}^2 + h^2} - h)),$$

где I – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64, M – локальная магнитуда, R_{epi} – эпицентральное расстояние в км, h – глубина очага в км a_1 , a_2 , a_3 , и a_4 – эмпирические коэффициенты.

При использовании этих уравнений расчета интенсивности значения глубины эпицентра принимались 20 км для магнитуд $MLH \geq 7$; 15 км для магнитуд $6 \leq MLH \leq 6,5$ и 10 км для $MLH = 5,5$.

Методика расчетов состоит в следующем. В программе ARCGIS Spatial Analyst на основе карты зон линейных источников землетрясений (активные разломы) района строительства было рассчитано по формуле 4 и построено распределение пиковых ускорений колебаний грунта в м/сек² в зависимости от расстояния от линейных источников землетрясений с заданной максимальной магнитудой. При построении карты вычислялось максимальное значение ускорений от всех источников, расположенных в радиусе 500 км от места расположения. Таким образом, получалась карта распределения пиковых ускорений грунта (горизонтальная составляющая) в виде матрицы с размером ячеек 500x500м с вычисленным значением PGA в каждой ячейке. При близком расположении различных источников землетрясений программа сохраняла в ячейках максимальное из всех значение ускорения.

Таким же образом были выполнены и расчеты распределения интенсивности в баллах шкалы MSK-64 с использованием уравнения (Bindi et., al., 2014).

Карта распределения интенсивности сотрясений в баллах указанной шкалы приведена на рис. 4.

Детальное рассмотрение полученных результатов показывает, что наши данные являются более «структурными», т.е. вместо обширных полей максимальных сотрясений мы получили протяженные вдоль зон активных разломов полосы. Это объясняется явлением приуроченности максимальных значений интенсивности к зонам разломов, так как такие зоны являются зонами максимальной раздробленности земной коры и, соответственно, зонами пониженной прочности земной коры. Кроме того, именно в зонах разломов проявляются остаточные, необратимые (пластические или разрывные) и обратимые (упругие, а также геофизические поля) во времени следы деформаций и возмущений, вызванные формированием разлома и подвижками по нему (Шерман, 2014). На расстоянии от магистральных разломов интенсивность сотрясений затухает.

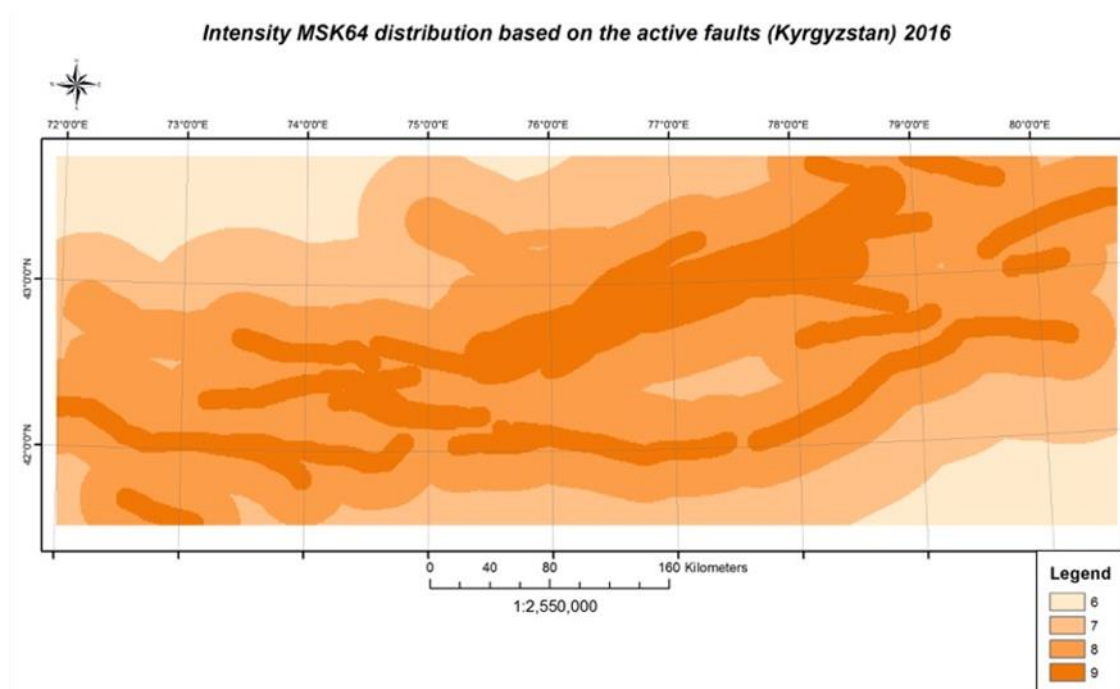


Рис. 4. Карта распределения интенсивности в баллах шкалы MSK-64

Необходимо отметить наличие довольно обширных зон 8-балльной интенсивности на всей территории Кыргызской Республики, имеющих на полученной нами карте, по сравнению с картой сейсмического районирования, изданной в 2011 году (Карта..., 2011).

Необходимо также внести определенные изменения в карту сейсмического районирования территории Казахстана. Например, в полученной нами карте появились зоны северо-западного направления, совпадающие с Чунджа-Капчагайской зоной активных разломов, в пределах которой могут возникать землетрясения интенсивностью до 9 баллов.

Таким образом, полученные нами данные показывают, что включение в анализ активных разломов существенно изменяют оценку сейсмической опасности территории Северного Тянь-Шаня.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты заключаются в следующем:

1. Впервые для территории Северного Тянь-Шаня (включая территорию Казахстана и Кыргызстана) создана информационная база, представляющая собой набор геолого-геофизических данных о разломно-блоковой структуре доновейшего фундамента, новейшей структуре, активных разломах и т.д., которая послужит основой для различных оценок сейсмической опасности и сейсмического риска указанной территории. Произведено полное и систематическое описание разломно-блокового строения этой территории.
2. Составлены каталоги доновейших и новейших блоков
3. Составлены каталоги новейших разломов и разломов, активных в позднем плейстоцене-голоцене
4. Установлено, что пределах восточной части Северного Тянь-Шаня формируется современная, долговременно существующая зона деструкции земной коры, которая, по всей видимости, отражает активно протекающий в литосфере деструктивный процесс в восточной части Северного Тянь-Шаня в позднем плейстоцене-голоцене активизировались разломы северо-западного простирания, представляющие собой правосторонние сдвиги с незначительной вертикальной компонентой. При этом важнейшей особенностью рассматриваемых разрывов является их сейсмический генезис.
5. Проводилась детерминистская оценка сейсмической опасности в значениях пиковых ускорений грунта (PGA) и в значениях балльности по шкале MSK-64.
6. Составлена новая карта распределения пиковых грунтовых ускорений (PGA) территории Северного Тянь-Шаня с учетом активных разломов
7. Составлена новая карта распределения значений интенсивности по шкале MSK-64 территории Северного Тянь-Шаня с учетом активных разломов.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Хачикян Г.Я., Аширов Б.М., Жакупов Н.С., Кадырханова Н.Ж., Джанабилова С.О. "Главное магнитное поле, границы тектонических плит и сейсмичность земли", Известия научно-технического общества «КАХАК», 2011, №3 (33), 100-103.
2. Аширов Б.М., Джанабилова С.О. "Выявления основных факторов сейсмичности по данным сейсморазведки на Северном прикаспии" //The Eighth International Symposium on Tianshan Earthquakes. Collection of paper abstracts. - Urumqi. China. -2013. -p.305-307.
3. Хачикян Г.Я., Джанабилова С.О. Методика влияния вариаций солнечной активности на сейсмичность земли //The Eighth International

Symposium on Tianshan Earthquakes. Collection of paper abstracts. -Urumqi. China. -2013. -p.147-148.

4. Ельдеева М.С., Балтабаева Б.А., Джанабилова С.О. "Дистанционные методы в эколого-геологическом исследовании и картографировании" Шестой международный симпозиум «Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов», Бишкек. №6/2014, -с.235-238. ISBN 978-9967-12-402-8.

5. Абдрахматов К.Е., Джанабилова С.О., Ельдеева М.С. Сейсмическое районирование и активные разломы //ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ, «Сейсмическое районирование и активные разломы» УДК 550.24. Бишкек. №2/2015, –с.66-68.

6. Джанабилова С.О., Джумабаева А.Б., Абдрахматов К.Е. "Новейшая структура северного Тянь-Шаня и Чилико-Кеминская транспрессионная зона". Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана Бишкек. №3/2015, –с.48-52.

7. Джанабилова С.О., Абдрахматов К.Е. "К определению ширины зоны влияния активных разломов" Известия научно-технического общества «КАХАК», 2015, №1 (48), 42-44.

8. Джанабилова С.О., Абдрахматов К.Е., Имансокипова Б. "Современная деструкция земной коры Северного Тянь-шаня" Горный журнал КазНУТУ, 2016 .

9. Джанабилова С.О. Внутреннее строение Северо-Тяньшаньской сейсмической зоны. Интернет журнал ВАКА, Бишкек, 2016, УДК: 551.24:550.34.

10. Аширов Б.М., Жакупов Н.С., Кадырханова Н.Ж., Джанабилова С.О. "Создание программного комплекса для автоматизации процесса сбора, хранения и визуализации геолого-геофизических данных", Сборник докладов 8-й конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях». -Бишкек. -2016. -с.48-52.

11. Джанабилова С.О., Абдрахматов К.Е., Исабаев К.Ж., Имансокипова Б., "Современная деструкция земной коры Северного Тянь-шаня", Горный журнал Казахстана №9, Алматы. -2016. –с.12-15.

12. Джанабилова С.О., Абдрахматов К.Е., Аширов Б.М. "Оценка сейсмической опасности активных разломов Северного Тянь-Шаня", Международная научная конференция актуальные проблемы современной сейсмологии, посвященная 50-летию Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН Руз, 2016,Ташкент. УДК: 528.8:629.78. 2016, –с.382-387.

13.Джанабилова С.О., Ишук А.Р., Абдрахматов К.Е., "Детерменистская оценка сейсмической опасности Северного Тянь-Шаня" //Известия национальной академии наук Республики Казахстан, Серия геологии и технических наук. ISSN 2224-5278. №1/421 2017, –с.96-101.

14.Джанабилова С.О. "Вероятностная оценка сейсмической опасности", Российский фонд фундаментальных исследований Глубинное строение, Минерагения, Современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов. Материалы XX

Всероссийской конференции с международным участием. Воронеж. Издательско-полиграфический центр «Научная книга» 2016. –с.159-162.

15. Ельдеева М.С., Абдрахматов К.Е., Джанабилова С.О., Айтмырзаев Ж.С. "Корреляция речных террас Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау как основа для сеймотектонических построений", Воронеж 2016.

16. Абдрахматов К.Е., Ельдеева М.С., Джанабилова С.О., "Оценка сейсмической опасности Лепсинского разлома", Четвертая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН. Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием, 3-8 октября 2016 г. Институт физики Земли РАН, г. Москва, 2016.

17. Абдрахматов К.Е., Рахмендиев Э., Мукамбаев А., Джанабилова С.О., Ельдеева М.С." Сейсмическая опасность районов размещения крупных ГЭС, расположенных на территории Кыргызской Республики и Республики Казахстан" IX Международная конференция "Мониторинг ядерных испытаний и их последствий" Алматы, 2016.

18. Джанабилова С.О. "Новейшая разломно-блоковая структура северного Тянь-Шаня и сейсмичность". Известия национальной академии наук Республики Казахстан, Серия геологии и технических наук ISSN 2224-5278. №6/426 2017, –с.71-79.

19. Джанабилова С.О. "Современные методы и подходы применяемые к оценке сейсмической опасности" Материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» WSEC-2017 19-20 июня, Том 4.–Астана. -2017. с.285-289.

20. Кендырбаева Д.Ж., Тукушова Г.Е., Гребникова В.В., Алиев М.Х., Жунусбеков Т.С., Кобланов Ж.Б., Джанабилова С.О., Ельдеева М.С. "Гидрогеосейсмические эффекты по данным Алматинского (АПП) и Иссык-Кульского прогностических полигонов на примере трех землетрясений с $M \geq 6.0$ " //Вестник Института сейсмологии НАН КР, №2(10), УДК: 550.348:556.3;550. –Бишкек. -2017. –с.26-34.

21. К.Е. Абдрахматов., С.О. Джанабилова, М.С. Елдеева, А. Мукамбаев. "Активные разломы и сейсмическая опасность Тянь-Шаня и Джунгарии" Сборник материалов 9-го Казахстанско-Китайского Международного Симпозиума 25-27 октября, 2017 г. «Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска центральной Азии». - Алматы.-2017.с.30-31.

РЕЗЮМЕСИ

Джанабилова Самал Оралгановнанын «Түндүк Тянь-Шандын жараңка-блоктук структурасы жана сейсмикалык коркунучка баа берүү» темасындагы 25.00.01 – Жалпы жана аймактык геология адистиги боюнча геология-минералогия илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алууга карата кандидаттык диссертациясынын

Негизги сөздөр: жараңкалуу-блоктук түзүлүш, каталогдор, активдүү жараңкалар, жер кыртышынын деструкциясы, сейсмикалык коркунучка баа берүү.

Изилдөөнүн объекти: Кыргыз Республикасынын жана Казакстан Республикасынын аймагын камтыган Түндүк Тянь-Шань аймагынын сейсмикалык коркунучу.

Изилдөөнүн максаты: Түндүк Тянь-Шань аймагынын сейсмикалык коркунучуна жаңыга чейинки пайдубалдын, жаңы структурадагы, активдүү жараңкалардагы ж.б. жараңка-блоктук структура тууралуу маалыматтар базасынын негизинде баа берүү.

Изилдөө методдору: талаа изилдөөлөрү, Түндүк Тянь-Шандын айрым райондорунун аэрофотосүрөттөрүн дешифровкалоо, Google Earth пайдалануу менен активдүү жараңкалардын зоналарына деталдаштырылган талдоо жүргүзүү ж.б.

Алынган жыйынтыктар жана жаңычылдык: жаңыга чейинки пайдубалдын, жаңы структурадагы, активдүү жараңкалардагы ж.б. жараңка-блоктук структура тууралуу геологиялык-геофизикалык маалыматтар топтомун түшүндүрүп турган маалыматтар базасы түзүлгөн; Түндүк Тянь-Шандын чыгыш бөлүгүнүн чектеринде бардык жагынан көрүнүп тургандай, литосферада өтүп жаткан деструктивдүү процессти чагылдыруучу жер кыртышынын деструкциясынын заманбап, узак мөөнөттүү болуп келген зонасы калыптанып жаткандыгы аныкталган; топурак кыртышынын туу чокудагы ылдамдоо маанилеринде (PGA) жана MSK-64 шкаласы боюнча баллдуулук маанилериндеги сейсмикалык коркунучка детерминисттик баа берүү жүргүзүлгөн.

Пайдалануу даражасы жана колдонуу тармагы: Изилдөөнүн жыйынтыктары Казакстан Республикасынын аймагынын сейсмикалык райондоштурулушунун жаңы картасын түзүү учурунда даана Кыргыз Республикасынын аймагынын сейсмикалык коркунучуна баа берүү учурунда колдонулушат.

РЕЗЮМЕ

Кандидатской диссертации Джанабиловой Самал Оралгановны «Разломно-блоковая структура Северного Тянь-Шаня и оценка сейсмической опасности» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01- Общая и региональная геология

Ключевые слова: разломно-блоковое строение, каталоги, активные разломы, деструкция земной коры, оценка сейсмической опасности.

Объект исследования: сейсмическая опасность территория Северного Тянь-Шаня, включающая территорию Кыргызской Республики и Республики Казахстан.

Цель исследования: оценка сейсмической опасности территории Северного Тянь-Шаня на основе базы данных о разломно-блоковой структуре доновейшего фундамента, новейшей структуре, активных разломах и т.д.

Методы исследования: полевые исследования, дешифрирование аэрофотоснимков некоторых районов Северного-Тянь-Шаня, детальный анализ зон активных разломов с использованием Google Earth и др.

Полученные результаты и новизна: создана информационная база, представляющая собой набор геолого-геофизических данных о разломно-блоковой структуре доновейшего фундамента, новейшей структуре, активных разломах и т.д.; Установлено, что пределах восточной части Северного Тянь-Шаня формируется современная, долговременно существующая зона деструкции земной коры, которая, по всей видимости, отражает активно протекающий в литосфере деструктивный процесс; произведена детерминистская оценка сейсмической опасности в значениях пиковых ускорений грунта (PGA) и в значениях балльности по шкале MSK-64.

Степень использования и область применения: Результаты исследования применяются при составлении новой карты сейсмического районирования территории Республики Казахстан и при оценке сейсмической опасности территории Кыргызской Республики.

ABSTRACT

Candidate's dissertation Samal O. Janabilova "The fault-block structure of the Northern Tien Shan and the assessment of seismic hazard" for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences, specialty 25.00.01- "General and regional geology"

Key words: fault-block structure, catalogs, active faults, destruction of the earth's crust, seismic hazard assessment.

Object of investigation: seismic hazard of the Northern Tien Shan territory, including the territory of the Kyrgyz Republic and the Republic of Kazakhstan.

The purpose of the study was to assess the seismic hazard of the Northern Tien-Shan territory on the basis of a database on the fault-block structure of the foundation, the newest structure, active faults, etc.

Research methods: field research, interpretation of aerial photographs of some areas of the North-Tien Shan, detailed analysis of active fault zones using Google Earth, etc.

The received results and novelty: the database is created, which is a set of geological and geophysical data on the fault-block structure of the foundation, the newest structure, active faults, etc.; It is established that within the eastern part of the Northern Tien Shan a modern, long-term zone of destruction of the earth's crust is formed, which, most likely, reflects the destructive process that is actively developing in the lithosphere; a deterministic estimation of the seismic hazard in the values of peak ground accelerations (PGA) and in the values of the scores on the scale MSK-64.

Degree of use and scope: The results of the study are used in the compilation of a new map of seismic zoning of the territory of the Republic of Kazakhstan and in assessing the seismic hazard of the territory of the Kyrgyz Republic.