

АТЛАС ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА



Департамент гуманитарной помощи Европейской Комиссии (ЕCHO)
Секретариат международной стратегии ООН по снижению бедствий (МССБ ООН/ UNISDR)
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ/CAIAG)

Атлас Землетрясений Кыргызстана

Кальметьева З.А., Миколайчук А.В., Молдобеков Б.Д., Мелешко А.В., Жантаев М.М. и Зубович А.В.

УДК 550.3
ББК 26.21
А 92

Настоящее издание было разработано по заказу Представительства Секретариата Международной Стратегии ООН по Снижению Бедствий (UNSDR) в Центральной Азии и при финансовой поддержке Департамента Гуманитарной Помощи Европейской Комиссии (ЕЧО).

Ответственный редактор русской версии: доктор физико-математических наук
Н.Н.Михайлова

Рецензенты:
Доктор геол.-минерал.наук К.Е.Абдрахматов,
Кандидат техн.наук К.Д.Джанузаков
Кандидат геол.-минерал.наук М.О.Омуралиев

Кальметьева З.А., Миколайчук А.В., Молдобеков Б.Д. и др.
А 92 АТЛАС ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА – Бишкек: ЦАИИЗ, 2009.

ISBN 978-9967-25-829-7

В Атласе приведен каталог землетрясений ($K \geq 10$) территории Кыргызстана и прилегающих территорий с исторических времен по 2005 год, каталог сильных землетрясений ($K \geq 13$) с исторических времен по 2008 год и каталог наиболее значимых оползней. Кроме того, в настоящем издании представлен очерк геодинамики Кыргызской части Тянь-Шаня и основных закономерностей проявления сейсмичности, проведена классификация оползневых процессов в горных районах и даны примеры их проявления на территории Кыргызстана, описана история развития инструментальных сейсмологических наблюдений в Кыргызстане, приведена шкала интенсивности землетрясений и список сейсмических станций на территории Кыргызстана.

В работе использованы архивные материалы Института сейсмологии НАН КР, МЧС КР и Госгеолагентства при Правительстве Кыргызской Республики, а также научные публикации.

Работа рассчитана на специалистов и широкий круг читателей, интересующихся сейсмичностью территории Кыргызстана.

A 1803020000-10

ISBN 978-9967-25-829-7

УДК 550.3
ББК 26.21

© МССБ ООН, 2009 г.

Содержание

Предисловие.....	4
1. Развитие представлений о землетрясениях.....	5
2. Геодинамика и сейсмичность Кыргызстана.....	10
2.1. Геодинамика Кыргызстана и геологические методы оценки сейсмической опасности.....	10
2.2. Примеры проявления разрушительных землетрясений.....	14
3. Инструментальные наблюдения.....	29
3.1. История развития инструментальных наблюдений.....	29
3.2. Основные закономерности сейсмичности.....	31
3.3. Описание каталога землетрясений.....	38
4. Землетрясения и связанные с ними явления.....	41
4.1. Оползни – общие сведения.....	41
4.2. Категории склоновых процессов.....	43
4.3. История значимых событий.....	46
Литература.....	50
Приложения.....	55
Приложение 1. Общий каталог землетрясений с исторических времен по 2005 год (см. Catalogue.pdf)	
Приложение 2. Каталог сильных землетрясений с исторических времен по 2008 год.....	55
Приложение 3. Каталог наиболее значимых оползней.....	68
Приложение 4. Сейсмические станции на территории Кыргызстана.....	70
Приложение 5. Краткое содержание Шкалы сейсмической интенсивности MSK64.....	72
Спонсоры.....	73

Предисловие

Организация Объединенных Наций объявила 1990-2000 годы Международным десятилетием по уменьшению стихийных бедствий. Итоги этого десятилетия, привели к пониманию того, что только ликвидацией последствий разного рода бедствий невозможно обеспечить безопасное существование и устойчивое развитие. Необходимо научиться снижать риск ожидаемых бедствий. Для того чтобы помочь всем членам мирового сообщества стать более устойчивыми перед лицом стихийных бедствий и перейти от ликвидации последствий к управлению рисками, включив проблему предупреждения рисков в программу устойчивого развития, ООН выработала “Международную стратегию по снижению последствий стихийных бедствий” (МССБ ООН). Главная идея этой стратегии состоит в том, чтобы через осведомление, помочь населению какой-либо отдельной страны или региона осознать свою подверженность риску бедствий и необходимость принятия мер по снижению риска.

Регион Центральной Азии подвержен частым стихийным бедствиям, среди которых наибольшее распространение имеют землетрясения, оползни, обвалы, лавины, сели, наводнения, прорывы высокогорных озер, а также техногенным катастрофам. Масштабы стихийных бедствий будут продолжать расти с каждым годом, учитывая возможные последствия глобального изменения климата. Увеличивающийся риск стихийных бедствий является острой проблемой, стоящей перед многими государствами. Поэтому, идея создания Атласа землетрясений Кыргызстана, предложенная Центрально-Азиатским Представительством Секретариата МССБ ООН, своевременна, и будет во многом способствовать принятию конкретных действий, направленных на снижение риска стихийных бедствий.

Высокий уровень сейсмичности территории Кыргызстана является постоянной угрозой безопасного существования людей и, так или иначе, влияет на все сферы социально-экономической жизни страны. Поэтому сведения о землетрясениях представляют интерес не только для академических исследователей, но и для государственных органов (Министерства чрезвычайных ситуаций и др. ведомств) принимающих решение в области предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. В настоящее время практически вся информация о землетрясениях содержится в научных трудах и архивах Института сейсмологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики. Существующие издания каталогов землетрясений разрознены, зачастую известны лишь в научной среде и не позволяют составить целостное представление о сейсмичности территории Кыргызстана.

При составлении Атласа основной задачей было создать справочное издание, призванное в доступной форме донести до широкого круга читателей информацию о произошедших прошлых и недавних землетрясениях на территории Кыргызстана, о главных закономерностях их проявления и связанных с ними опасных природных явлениях. Вместе с тем материал Атласа представлен в точном соответствии с академическими изданиями и может быть использован при различного рода исследованиях.

В работе использованы архивные материалы Института сейсмологии НАН КР, МЧС КР, Министерство природных ресурсов Кыргызской Республики, а также научные публикации.

Атлас подготовили сотрудники Центрально-Азиатского института прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ). Кальметьева З.А. (ответственный исполнитель) собрала и составила сейсмологическую часть Атласа. Миколайчук А.В. изложил геологическую позицию сейсмичности Тянь-Шаня на примерах описания разрушительных землетрясений на территории Кыргызстана. Сбор и обобщение данных о других опасных явлениях, связанных с сейсмичностью и горным рельефом территории Кыргызстана провели Молдобеков Б.Д. и Мелешко А.В. Жантаев М.М и Зубович А.В. разработали проект геоинформационной системы Атласа и его дизайн, а также выполнили компьютерную верстку. Общее руководство по выполнению проекта осуществлял Молдобеков Б.Д.

Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам Института сейсмологии НАН КР, оказывавшим содействие в подготовке электронной версии Атласа. Прежде всего мы искренне благодарны директору Института, доктору геолого-минералогических наук Канату Ермаковичу Абдрахматову за разрешение пользоваться архивными материалами Института, благодаря чему в каталог сильных землетрясений были включены даже неопубликованные данные за последние годы. Мы глубоко благодарны кандидату технических наук Кенешу Джанузаковичу Джанузакову за обсуждение материалов по макросейсмическим обследованиям, а также по истории становления сейсмических наблюдений на территории Кыргызстана. Авторы благодарят также российских сейсмологов Чепкунас Любовь Семеновну и Фролову Нину Иосифовну за полезные замечания. Особую благодарность авторы выражают сотрудникам, которые помогли подобрать фотографии сейсмологов, внесших значительный вклад в развитие сейсмологических исследований в Кыргызстане: фотографию Евдокии Александровны Розовой с молодыми сейсмологами предоставил Джанузаков, фотографию Петра Андреевича Скуиньша подобрала его дочь Татьяна Петровна Грин, заведующая сейсмической станцией «Фрунзе» и две фотографии (группа ученых за обсуждением карты детального сейсмического районирования и фотография Б. Ильясова) были переданы женой Бекташа Ильясовича, Ильясовой Ажаркуль, в прошлом сотрудницы камеральной группы по обработке материалов сейсмических наблюдений.

Авторы также благодарят Министерство природных ресурсов Кыргызской Республики за возможность использования при составлении электронной версии Атласа архивных материалов об оползневой изученности.

Подготовка электронной версии Атласа не была бы возможна без грантовой поддержки Представительства Секретариата Международной стратегии ООН по Снижению Бедствий в Центральной Азии. Доброжелательное отношение и профессиональный менеджмент старшего советника Представительства Гульсары Дадоджановны Пулатовой и менеджера проекта Владимира Куимова создавали благоприятную атмосферу при выполнении проекта, за что мы выражаем им свою признательность.

1. Развитие представлений о землетрясениях

Сильные землетрясения принадлежат к самым разрушительным явлениям природы. Они всегда внушали панический страх и оставляли глубокий след не только в природе, но и в народных преданиях. Каждая цивилизация создавала свое сверхъестественное объяснение природы землетрясений. Согласно древней японской легенде, Японские острова держатся на спине огромного сома, движения которого заставляют Землю содрогаться. Индейцы в Северной Америке говорят, что Землю несет на себе гигантская черепаха, и Земля вздрагивает каждый раз, когда черепаха переваливается с ноги на ногу. В некоторых странах Азии вину сваливают на лягушку, в Индии - на гигантского крота, в Китае – на подпирающего Землю быка, в русских летописях – на огромного кита. По преданиям туркменского народа, чудовищный дракон идет по земле, и тогда деревья с треском ломаются и земля сотрясается. В грузинском эпосе говорится о прикованном к скале великане Амиране, который сотрясает землю, стараясь разорвать свои цепи [Гир и Шах, 1988].

Научные же объяснения (гипотезы) всегда были тесно связаны с общими представлениями о строении Земли, ее развитии и происходящих в ней геологических процессах, с общим уровнем геологических знаний и естествознания вообще.

Первые известные попытки научного объяснения землетрясений относятся примерно к середине первого тысячелетия до н.э. Интерес древнегреческих философов к землетрясениям объясняется сейсмичностью греческого архипелага. Так называемые непунисты связывали возникновение землетрясений с водой. Например, Анаксимен и Анаксагор считали, что в результате вымывающей деятельности воды внутри Земли образуются пустоты, обрушения которых и вызывают землетрясения. Аристотель считал, что землетрясения происходят от стремления выйти наружу паров воды или газов. Вулканисты же считали, что землетрясения происходят благодаря внутреннему теплу Земли. Так, Гераклит, Страбон объясняли возникновение землетрясений с вулканическими извержениями. С образованием трещин в результате остывания Земли связывал землетрясения Анаксимандр. Плиний сравнивал землетрясения с погодой: как над землей гром и молнии, так и под землей. Стремление молнии выйти на поверхность Земли создает землетрясение [ЭС, 1894].

Землетрясения часто рассматривались как наказание, ниспосланное рассерженными богами. Даже в XVIII веке духовенство говорило так: «Землетрясения обычно случаются в больших городах. Карающий бич направлен туда, где есть жители, т.е. туда, где есть цель для предостережения, а не на голые утесы и необитаемые берега». Священник из Англии выговаривал населению Лиссабона за его «распущенность и дебоширство» по случаю произошедшего сильного Лиссабонского землетрясения в 1755, вызвавшего огромное количество жертв из-за серии толчков, из-за охвативших город пожаров и громадного цунами. В то же время другие поносили проклятую инквизицию и указывали, что Дворец инквизиции был одним из первых зданий, подвергшихся разрушению во время землетрясения [Гир и Шах, 1988].

Вопросы о причинах землетрясений вновь возникают в научных трудах эпохи Возрождения. В 1660 году Гук открывает закон пропорциональной связи между напряжениями и деформациями, а затем (1668) высказывает идею, что землетрясения представляют собой упругую реакцию на геологические явления. Но прошло немало времени до того момента, когда эта идея воплотилась в теорию очага землетрясения.

В XVIII- XIX веках в геологии сменяют друг друга несколько гипотез о развитии Земли, объясняющих причины тектонических движений. Это гипотезы непунистов, объясняющие все геологические процессы действием воды, гипотезы плутонистов, отдающие предпочтение внутреннему огню Земли, гипотеза поднятий (А.Гумбольдт, Л. Бух), объясняющая образование гор под действием вертикальных движений, гипотеза контракций, основанная на гипотезе Канта-Лапласа об огненно жидком ядре Земли. Согласно гипотезе контракций, вследствие постепенного охлаждения Земли и уменьшения ее объема, происходят дислокационные явления и влекут за собой образование трещин и сморщивание земной коры в складчатые горы.

В XIX веке впервые отчетливо формулируется (Гильберт, Зюсс) связь между землетрясением и динамическим разрывообразованием. Выявлено, что все главные сейсмические области расположены в зонах самых юных по геологическому возрасту гор и приурочены к полосам крупных разломов земной коры, где еще не закончились тектонические (горообразовательные) процессы. Окончательно утверждается понятие о так называемом «тектоническом землетрясении». В отличие от обвальных и вулканических они захватывают гораздо более

значительные территории и являются наиболее разрушительными [Батюшкова, 1959]. Соглашаясь с тем, что возникновение землетрясений может быть связано с тремя факторами: обвалами земных пустот, вулканическими извержениями и дислокациями в земной коре, К.И.Богданович (1909) отмечал: «Первые два фактора ясны; что же касается связи землетрясений с тектоническими процессами, то ее можно установить только теоретически, так как за краткостью человеческой жизни мы не можем наблюдать эти процессы непосредственно».

Вместе с тем, наблюдаемые при землетрясениях факты их сопровождения атмосферными явлениями – грозами, резким падением температуры в очаговой области, аномальным поведением животных, подъемом или проседанием почвы, поддерживали и другую точку зрения на природу сейсмичности. Например, Гофер (1855) выдвигал электрическую гипотезу. Не случайно на международном конгрессе метеорологов в Риме в 1879 итальянский геолог Росси выступил с предложением выделить изучение сейсмических явлений в отдельную науку и предложил для этой науки название «эндогенная метеорология». В европейских странах на рубеже XIX-XX веков даже ставили вблизи городов металлические конусы, которые должны были выполнять роль сейсмоотводов, наподобие громоотводов. Ряд исследователей (Бранка, Герлянд и др.) считали, что роль тектонических явлений в происхождении землетрясений сильно преувеличена, а вулканических наоборот – недооценена. При этом под вулканическими они понимали не только процессы извержения магмы, а целую совокупность процессов, происходящих в недрах Земли и сопровождающихся внезапным выделением энергии [ЭС, 1894].

Эти споры продолжались значительное время. Так, в 1910 г. Рейд на примере сильного землетрясения 1906 года в Сан-Франциско формулирует гипотезу «упругой отдачи» как модели очага тектонического землетрясения, которая и по сей день лежит в основе всех известных моделей очага. Однако Ротплец высказывает предположение, что это землетрясение было вызвано не подвижкой по разлому, а внедрением интрузии на основании того факта, что значительное смещение в плоскости разлома отмечалось лишь на небольшом участке разлома, чего не должно было бы быть, если бы упругие деформации накапливались в большой области [ЭС, 1914]. Появляются работы, в которых принимались во внимание и другие явления, которые могут служить побудительной причиной возникновения толчков.

Например, Орлов А.П. (1887) рассматривает причинную связь возникновения землетрясений с положением Земли относительно Солнца и Луны, с изменениями атмосферного давления, земным магнетизмом, а также электрическим состоянием атмосферы.

Название «эндогена метеорология» продержалось недолго. Было предложено другое, более адекватное название – сейсмология (от греческого «сейсмо» – трясение земли) – наука о землетрясениях. Первоочередной задачей сейсмологии становится организация непрерывных наблюдений. «Изучение только сильных землетрясений... не в состоянии выявить непреложные законы сейсмических явлений – говорил **И.В.Мушкетов** – подобно тому, как исключительное изучение ураганов не привело бы метеорологию к познанию законов, управляющих сложными явлениями атмосферы».

Для систематизации сведений о наблюдаемых землетрясениях было введено понятие ИНТЕНСИВНОСТЬ землетрясения, измеряемая в БАЛЛАХ. Первая шкала интенсивности была создана в 1883 г. геологами России (Италия) и Форелем (Швейцария), работавшими независимо друг от друга и объединившими результаты своих наблюдений (Х-балльная шкала Росси-Фореля). Мерой классификации землетрясений по баллам были ощущения людей, степень повреждения построек и степень изменения рельефа местности. По мере развития технического прогресса эта шкала устаревала. Более того, оказалось, что она слишком ориентирована на специфику строений Европы. Затем создавалось много других шкал, учитывающих недостатки предыдущих, а также изменения в уровне строительства сооружений и успехов сейсмологии. В настоящее время в США используется Шкала ММ – модифицированная шкала Меркалли. С 1902 по 1956 г.г. она претерпела несколько модификаций. В Европе и на территории СССР во второй половине прошлого века для определения интенсивности землетрясений используется XII-балльная шкала MSK-64 (см. Приложение), названная так по именам предложивших ее сейсмологов: С.В.Медведев (СССР), В.Шпонхойер (ГДР) и В.Карник (ЧССР). На постсоветском пространстве она используется и по сей день. В Европе она модифицирована и известна под названием EMS98. В Японии действует своя шкала (семи-балльная шкала JMA Японского метеорологического агентства).

Интенсивность при одном и том же землетрясении будет различна в разных пунктах. Для определения интенсивности землетрясения проводятся полевые

обследования последствий. Результаты обследования выносятся на карту, т.е. для каждого пункта, где было проведено обследование, указывается цифра, которая обозначает степень проявления землетрясения, выраженная в баллах. Затем, на карте замкнутыми линиями (изосейстами) оконтуриваются участки территории, где наблюдались однотипные сотрясения (одинаковые значения баллов). Линия, оконтуривающая область максимальных сотрясений, называется плейстосейстой, а территория внутри плейстосейсты называется плейстосейстовой областью, или областью максимальных разрушений. Интенсивность проявления землетрясения в пределах плейстосейстовой области обозначается **Io** и приписывается рассматриваемому землетрясению.

Как это уже отмечалось выше, к моменту возникновения сейсмологии как самостоятельной науки, в области математики и механики уже были сделаны открытия, которые легли позднее в основу теоретической сейсмологии. В 1660 г. Гук открывает закон взаимосвязи деформации и напряжения. В 1830 г. Пуассон, используя уравнение движения и законы упругости, показал, что два и только два типа волн (известные сейчас как продольные и поперечные волны) могут распространяться внутри однородного твердого тела. В 1887 г. Рэлей находит дополнительное решение уравнения упругости для тел со свободной поверхностью. Полученное решение говорило о том, что на поверхности Земли могут распространяться упругие волны, подобные волнам, образующимся на поверхности воды от брошенного в воду камня. Сейчас они известны под названием поверхностных волн Рэля. В 1911 г. Ляв математически описывает другой тип поверхностных волн (сейчас их называют волны Лява). Но активное развитие сейсмология получила в результате изобретения приборов, записывающих колебания почвы во время землетрясений. В 1875 г. Филиппо Чесси (Италия) создает по существу первый сейсмограф, записывающий движение маятника относительно земли как функцию времени. В 1889 в Потсдаме (Германия) получена первая точная запись далекого сильного японского землетрясения. Начинается конструирование сейсмографов в Италии, Австрии, Японии, России. В 1892 году Джон Милн сконструировал довольно компактный сейсмограф, записывающий горизонтальные движения почвы, и к 1900 году установил их в 40 пунктах в Европе и Японии. Этот момент можно считать началом систематических инструментальных наблюдений за землетрясениями и началом накопления этих данных. Но

прообразом современной сейсмометрической аппаратуры стал сейсмограф Голицина Б.Б. (1902). Голицин помещал маятник в магнитный зазор, что позволяло механические движения маятника превращать в электрический ток с помощью обмотки, помещенной на маятнике. Затем таким же образом этот ток превращался в движения зеркального гальванометра. С помощью «зайчика» от лампочки, направленного на зеркальце гальванометра, эти движения записывались на фотобумагу. При этом применение магнитного зазора позволило технически решить еще одну важную проблему - гашение собственных колебаний маятника, что позволяло получать запись реального движения почвы. Эта идея оказалась настолько плодотворной, что абсолютно все сейсмографы в мире стали строиться по такому принципу. Более того, этот принцип позволил затем создать современные цифровые сейсмографы, заменив зеркальный гальванометр на цифровой вольтметр.

За относительно короткое время, в результате анализа записей землетрясений были получены поистине революционные сведения о внутреннем строении Земли. Было установлено, что Земля состоит из ядра (Олдгем, 1906 и Гуттенберг, 1913), внутреннего ядра (Леман, 1936), мантии и земной коры (Мохоровичич, 1909). Оказалось, что землетрясения могут происходить на очень больших глубинах, до нескольких сотен километров. На материках землетрясения происходят в областях, где расположены молодые (альпийского возраста) горы.

Землетрясения, для которых получены инструментальные записи, далеко не всегда ощущаются людьми и не имеют каких-то видимых проявлений на поверхности земли, поэтому для них нельзя определить балл по шкале интенсивности. Нужно было как-то различать их по величине, силе. В 1935 г. предлагается известная всем «МАГНИТУДА РИХТЕРА». Объяснить, что такое магнитуда можно на таком примере. Каждый кто наблюдал сильное землетрясение наверно видел, что висячие предметы (например, лампочка, свисающая с потолка) раскачиваются. Другими словами - они превращаются в маятники. Мы уже говорили, что сейсмограф - это по существу маятник. Только в отличие от свисающей с потолка лампочки он снабжен устройством, которое позволяет эти колебания изображать на бумаге (сейсмограмме), которые потом изучают ученые. Естественно, что чем сильнее землетрясение, тем больше амплитуда колебаний. Магнитуда (английское «magnitude», что означает «величина») - это БЕЗРАЗМЕРНАЯ

относительная оценка величины землетрясения. Рихтер предложил сравнивать максимальную амплитуду записи от разных землетрясений на одном и том же расстоянии от очага и тем самым сравнивать их по величине, так как чем больше очаг землетрясения, тем больше амплитуда сейсмической волны, возбуждаемой им. За меру отсчета $M=0$ принималось такое землетрясение, максимальная амплитуда колебаний от которого, записанных стандартным прибором Вуда-Андерсона на расстоянии 100 км, была равна 1 мкм. А увеличение магнитуды на одну единицу означало увеличение амплитуды волны в 10 раз. Чем больше амплитуда волны, тем больше магнитуда (величина) землетрясения. Магнитуду называют энергетической оценкой землетрясения, потому что для ее определения измеряют амплитуду волны, а по амплитуде волны можно вычислить, какое количество энергии было затрачено в очаге землетрясения на образование сейсмической волны. Заметим, что в средствах массовой информации в сообщениях о происшедших землетрясениях часто возникает путаница в терминологии. Когда слышишь в средствах массовой информации фразу: «Произошло землетрясение МАГНИТУДОЙ 6 БАЛЛОВ по ШКАЛЕ РИХТЕРА», то непонятно о чем идет речь - о величине очага землетрясения, соответствующего 6 единицам магнитуды, или об эффекте разрушений в 6 баллов на поверхности земли, т.е. интенсивности. Результаты сопоставления этих характеристик землетрясений приведены в таблице 1. Эффект разрушений на поверхности земли (интенсивность) зависит не только от величины очага землетрясения, но и от того, на какой глубине произошло землетрясение, на каком грунте расположены строения. Поэтому соотношения между M и I_0 лучше рассматривать для разных интервалов глубин. Со временем было предложено много разных магнитудных шкал - по разным типам волн, по разным характеристикам самой записи, по разным территориям. Сегодня используется четыре основных вида магнитуды: M_L , m_b , M_s и M_w .

M_L - локальная магнитуда. Это первая магнитудная шкала, которую разработал Рихтер при подготовке первого каталога землетрясений Калифорнии. В своей оригинальной форме M_L в настоящее время редко употребляется из-за того, что появилась современная аппаратура, к тому же землетрясения происходят не только в Калифорнии. Однако эта магнитуда имеет важное значение, как первая широко используемая шкала оценки величины землетрясения, и для сохранения однородности каталогов другие виды магнитуд часто пересчитываются в значения M_L . Кроме того, многие

строительные конструкции имеют собственный период колебаний, близкий к собственной частоте маятника сейсмографа Вуд-Андерсона (0.8 сек), из-за чего возрастание разрушительной силы землетрясения тесно связано с увеличением M_L .

m_b - магнитуда по объемным волнам. Магнитуда Рихтера была разработана для классификации региональных землетрясений (расстояние между сейсмической станцией и очагом землетрясения не превышает 1000 км). Из-за сложной волновой картины на этих расстояниях была предложена m_b , значение которой вычисляется по первым нескольким цугам колебания продольной (объемной) волны.

M_s - магнитуда по поверхностной волне. На расстояниях более 600 км появляются интенсивные поверхностные волны на записях мелких землетрясений (глубина очага землетрясения не более 15 км), амплитуды которых легко измерить.

M_w - моментная магнитуда. Все вышеперечисленные шкалы имеют определенные ограничения. M_w вычисляется через сейсмический момент и может быть определена для всего диапазона эпицентральных расстояний и величин очагов. Несмотря на то, что вычисление M_w является сложной процедурой, использование современной цифровой аппаратуры позволяет проводить массовое определение M_w . Сегодня M_w вычисляется для всех землетрясений земного шара с $M_w > 5$.

В Кыргызстане в Институте сейсмологии определяют разные виды магнитуд - локальная магнитуда, магнитуда по кода-волнам, магнитуды по разным видам поверхностных волн, моментная магнитуда.

Кроме оценки относительной величины землетрясения и интенсивности его проявления на поверхности земли, были предложены способы оценки энергии сейсмических волн. Наряду с другими характеристиками очага, эти данные позволяют решать вопросы создания физической модели очага. В середине прошлого века в результате обобщения эмпирических данных советским сейсмологом Т.Г.Раутиан была предложена классификация землетрясений по энергетическому классу. Она составила номограмму для определения энергетического класса землетрясений Средней Азии $K=lgE$, джоулей. Эта характеристика применялась в СССР (а сейчас - на постсоветском пространстве), а также в Китае

Итак, если коротко подвести итоги, то к началу 40-х годов XX века были разработаны технические средства для

Таблица 1

Ориентировочное соотношение величин M и I_0 для неглубоких очагов землетрясений по (<http://seismos-u.ifz.ru/building.htm>)

Условное наименование величины событий	Ориентировочное соотношение величин M и I_0 для неглубоких очагов землетрясений	
	Интервал магнитуд M , по Рихтеру, единицы В ОЧАГЕ	Интенсивность I_0 , по шкале MSK-64, баллы НА ПОВЕРХНОСТИ
Слабые	2.8 - 4.3	3 - 6
Умеренные	4.3 - 4.8	6- 7
Сильные	4.8 - 6.2	7 - 8
Очень сильные	6.2 - 7.3	9 - 10
Катастрофические	7.3 - 9.0	11 - 12

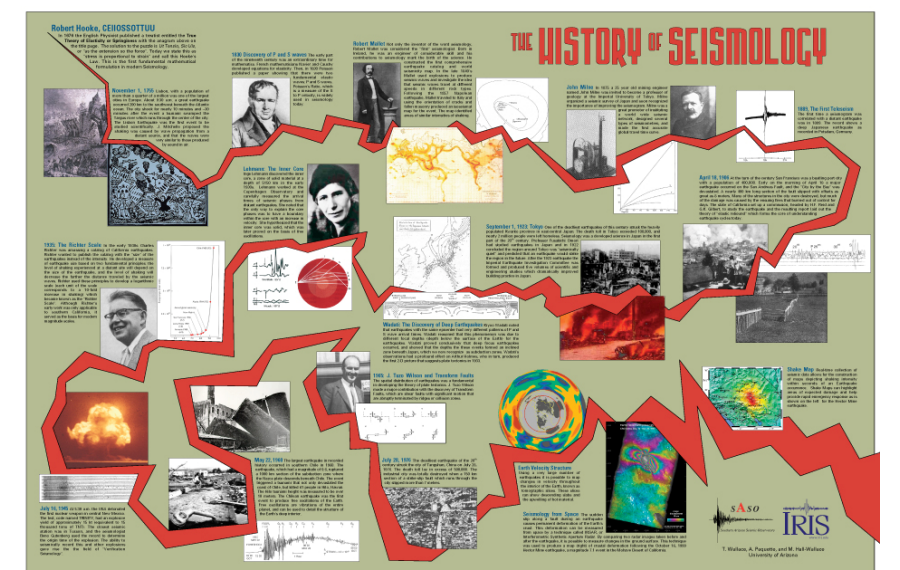


Рис. 1. Основные вехи развития сейсмологии (www.iris.edu)

записи землетрясений и методы интерпретации этих записей, получены основные сведения о внутреннем строении Земли, построена первая мировая карта эпицентров землетрясений и выявлены основные сейсмические пояса на земном шаре. И все же, до этого момента сейсмология остается наукой энтузиастов. Стимулом к бурному развитию сейсмологии и превращению ее действительно в современную науку, становятся ядерные испытания и необходимость их обнаружения.

В 1963 г. 116 стран подписывают соглашение об ограничении ядерных испытаний. Создается Мировая

Стандартная Сейсмографическая Сеть (WWSSN) для разработки методов обнаружения ядерных взрывов. В Советском Союзе создается Единая Сеть Сейсмических Наблюдений (ЕССН). Во многих странах выделяются значительные средства на сейсмологические исследования, разрабатывается современная цифровая аппаратура. В 1970-1980 организовываются первые международные сети цифровых сейсмических станций, создаются международные центры обработки этих данных. На рисунке 1 показан плакат, помещенный на сайте Консорциума исследовательских институтов США по сейсмологии (IRIS).

Он иллюстрирует ключевые моменты в развитии сейсмологии, начиная с открытия закона Гука (1660) до создания первой международной сети современных цифровых сейсмических станций IRIS.

В наши дни причину сейсмичности ученые объясняют исходя из представлений о медленных движениях, которые происходят в литосфере (твердая оболочка Земли). Этот слой довольно тонок - 70-150 км. Его небольшую толщину

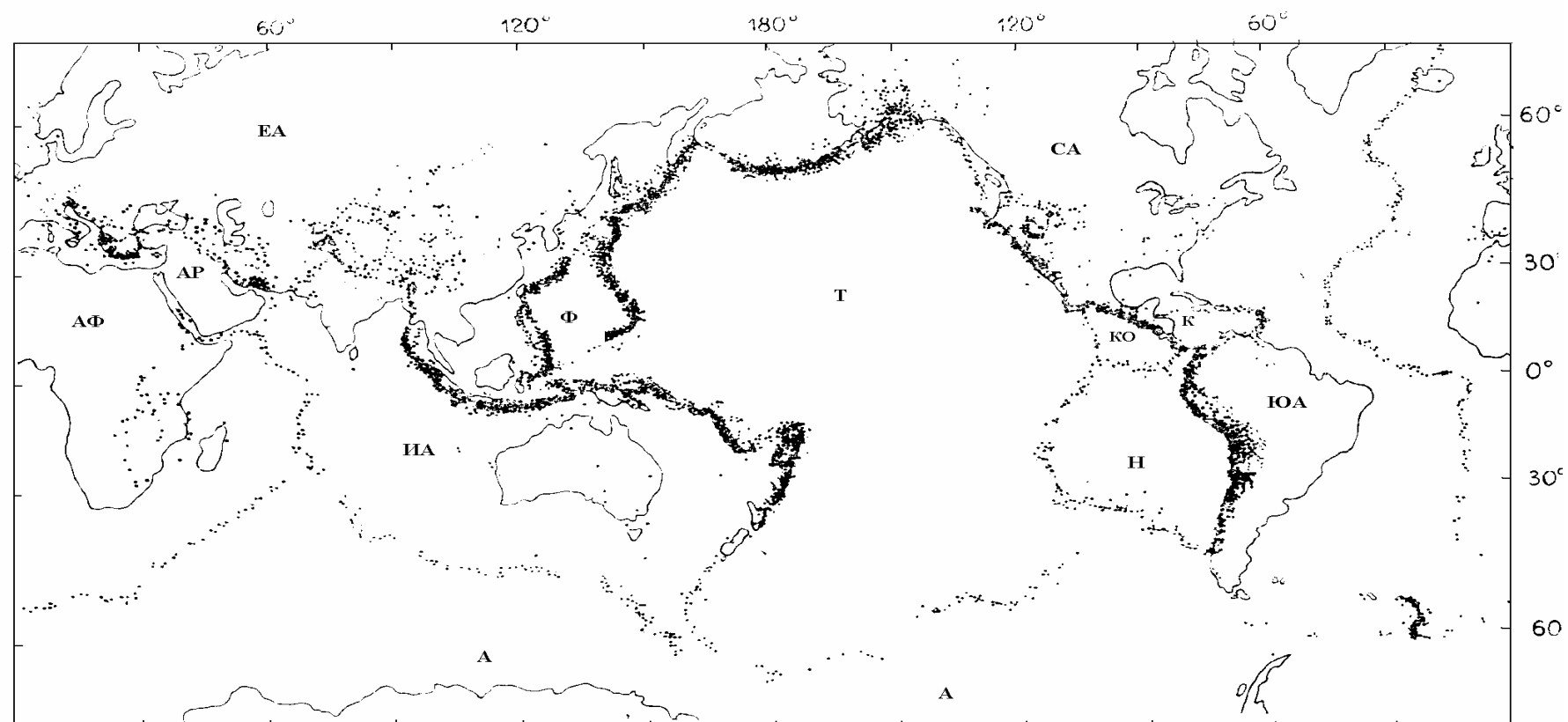


Рис. 2. Главные плиты Земли, оконтуренные эпицентрами землетрясений по [Lay and Wallace, 1995]: АФ – Африканская, АР – Аравийская, ЕА – Евразийская, ИА – Индо-Австралийская, Ф – Филиппинская, Т - Тихоокеанская, СА - Северо-Американская, КО – Кокосовые острова, Н – Наска, К – Карибская, ЮА - Южно-Американская, А – Антарктическая.

хорошо иллюстрирует такой пример: если Землю уменьшить до размеров яйца, то твердая оболочка окажется толщиной со скорлупу. Этот твердый слой, однако, не цельный: он

разбит на несколько больших кусков, называемых плитами (рис. 2). Под литосферой действуют силы, принуждающие плиты перемещаться со скоростью, как правило, нескольких сантиметров в год. Причина этих глубинных сил не вполне ясна. Они могут быть вызваны, например, медленными течениями пластического вещества в недрах Земли в результате тепловой конвекции. В некоторых областях новое вещество поднимается вверх, оттесняя плиты в стороны. В других местах плиты проскальзывают краями одна вдоль другой. Есть области, где одна плита при встрече

поддвигается под другую. Несогласованность в движении плит при любом его направлении заставляет твердую толщу растрескиваться, создавая, таким образом, землетрясения. Около 90 % землетрясений земного шара происходит вдоль Тихоокеанского побережья (Тихоокеанская плита). 5-6 % всех землетрясений – это Альпийский пояс, его еще называют трансконтинентальным. Он протягивается от Средиземноморья на восток через Турцию, Иран и Северную Индию (отделяет Евразийскую плиту от Африканской и Индо-Австралийской). Остальные 4-5 % - происходит вдоль срединно-океанических хребтов или внутри плит [Гир и Шах, 1988].

Землетрясения Тянь-Шаня относятся к внутриплитовым событиям. Главной проблемой исследования Тянь-Шаня в настоящее время является отсутствие единой точки зрения в вопросе о факторах, контролирующих деформирование Тянь-Шаня, о соотношении сил коллизионного взаимодействия плит и сил, порождаемых глубинными процессами в недрах самих горных поясов.

С 1960-х годов начали проводиться исследования по прогнозу сильных землетрясений в рамках национальных программ в США, Японии, СССР. Наблюдения геофизическими методами (поле силы тяжести, тепловое поле, магнетизм, атмосферное электричество) позволили выявить особенности расположения очагов сильных землетрясений в этих полях. Созданы основы сеймотектоники - раздела геологии, изучающего режимы тектонических движений, условий, порождающих сейсмические проявления. Вводится понятие активных

разломов, по которым могут происходить землетрясения в обозримом будущем. Достигнуты значительные успехи в понимании процессов, происходящих в области очага землетрясения задолго до разрушительного толчка, выявлены самые разнообразные явления, которые могут предвещать сильные землетрясения (предвестники землетрясений). Обобщение теоретических исследований, испытаний на образцах и результатов экспериментальных наблюдений приводит к созданию теоретических моделей возникновения и распространения разрыва (очаг землетрясения). Как уже упоминалось выше, в основе всех этих моделей лежит гипотеза Рейда об «упругой отдаче», т.е. медленные тектонические движения (деформации) сопровождаются ростом напряжений и, когда напряжения превышают предел прочности материала, происходит разрыв (подвижка), в результате которой высвобождаются накопленные упругие напряжения (упругая отдача). Однако этот процесс зависит не от абсолютных величин напряжений, а от характера их распределения в пространстве. Чтобы точно предугадать по какому сценарию будет происходить возникновение и развитие неустойчивости, нужно знать физическое состояние среды в области очага, которое зависит от огромного количества мельчайших деталей строения и физических условий во всем объеме готовящегося землетрясения, а иногда и далеко за его пределами. Это практически невозможно [Мухамедиев, 2008]. Можно зафиксировать много предвещающих признаков (их общее количество более сотни), но землетрясение так и не произойдет. Вместе с тем известны случаи, когда сильный толчок происходит без сопутствующих предвестников. По этой причине в настоящее время удачный прогноз землетрясения – это скорее исключение, чем правило. В 1975 г. в Китае было успешно предсказано сильное Хайченское землетрясение. Были приняты меры по эвакуации населения. Никто не пострадал. Однако на следующий год всего в 100 км от местоположения предсказанного землетрясения произошло Тяньшаньское землетрясение, для которого китайские сейсмологи не решились объявить прогноз из-за неясной картины предвестников. Оно унесло жизни нескольких сотен тысяч человек.

Возникновение «неожиданных» сильных землетрясений, таких как Газлийское и Суусамырское в СССР, Тяньшанское в Китае демонстрируют неполноту наших знаний о природе сейсмичности. Это объясняется в значительной мере ограниченностью имеющегося материала. Сейсмология сравнительно молодая наука. Время инструментальных наблюдений, как это было описано выше, составляет всего около одного столетия, тогда как при описании геологических процессов, вызывающих землетрясения, мы имеем дело с единицами времени, исчисляемыми десятками тысяч - миллионами лет.

Более того. Допустим, что землетрясение предсказано. Учитывая современное состояние прогнозных исследований, это будет вероятностное сообщение, т.е. будет сообщено, что в течение, допустим, одного или трех месяцев ожидается землетрясение магнитудой 6-8 на юго-западе страны. Но оно может и не произойти. Что делать в условиях большой неопределенности? Можно только посочувствовать представителям власти, которые вынуждены принимать решение – действовать или не действовать. Провести мероприятия по укреплению зданий, перевести наиболее уязвимую часть населения в более безопасные районы, создать отряды спасателей, создать неприкосновенные запасы пищи, воды, медикаментов. Многие жители могут распродать имущество и выехать из района ожидаемого бедствия. Могут возникнуть большие социальные и экономические нарушения в обществе. Именно по этой причине к концу прошлого века, ученые мира приходят к единодушному мнению, что лучший способ уменьшить потери при землетрясениях – это подготовиться к ним. Это значит, что необходимо обучать население, повышать уровень проектирования и строительства, улучшать спасательное оборудование, создавать механизмы по ликвидации последствий и т.д. [Гир и Шах, 1988].

Что понимается под обучением населения? Люди должны понимать природу землетрясений и быть к ним готовы всегда, если уж они согласились с риском проживания в сейсмически активной зоне. Одним из важных моментов обучения является донесение до населения достоверной информации о сейсмической опасности. Никто не может сказать в точности, как спланировать подготовку к

землетрясениям. Однако, если немного разобраться в их природе, то можно будет выработать разумные решения.

В настоящем издании коротко освещены вопросы о том, какие геологические процессы Тянь-Шаня приводят к возникновению землетрясений, где и какой силы могут происходить землетрясения на территории Кыргызстана. В приложении к изданию приводятся два каталога землетрясений. В одном из них приведены сведения о сильных землетрясениях, интенсивностью 5-6 баллов и больше, т.е. о землетрясениях, которые ощущаются всеми и от которых могут в лучшем случае появляться трещины в слабых и саманных постройках, а при катастрофических событиях даже происходить изменения в рельефе земной поверхности. В другом каталоге перечислены все события, начиная с энергетического класса $K=10$. Эти землетрясения ощущаются людьми исключительно редко, когда очаг приближается к поверхности земли и вблизи населенных пунктов. Они не приносят разрушений и проявляются в очень ограниченном районе. С 1950 года количество сейсмических станций в Средней Азии становится достаточным, чтобы регистрировать такие слабые события без пропусков.

Очень важно также знать о вторичных последствиях землетрясений. Как показывает практика, в горных регионах создание сейсмостойких конструкций еще не решает проблему сейсмической безопасности. Зачастую человеческие жертвы и значительный материальный ущерб связаны именно с проявлениями этих вторичных последствий — оползнями, обвалами, селями, разжижением грунтов. При этом землетрясения часто не напрямую вызывают опасные склоновые явления, а только ускоряют протекание таких процессов, которые могут реализоваться и через довольно значительное время. Не только близкие землетрясения, очаги которых расположены в зоне активного протекания склоновых процессов, могут способствовать их проявлению, но также и землетрясения, возникающие на значительном удалении [Бабаев, Ишук, Негматуллаев, 2008]. В настоящем издании приводятся сведения об оползневой деятельности, дается каталог зарегистрированных оползней Кыргызстана.

2. Геодинамика и сейсмичность территории Кыргызстана

«...что же касается связи землетрясений с тектоническими процессами, то ее можно установить только теоретически, так как за краткостью человеческой жизни мы не можем наблюдать эти процессы непосредственно».

[К.И.Богданович, 1909]

2.1. Геодинамика территории Кыргызстана и геологические методы оценки сейсмической опасности

Кыргызстан – горная страна. Из школьного курса географии все мы знаем, что общая площадь адыров, джайлоо и хребтов превышает 70 % территории Республики. Следовательно, повышенная сейсмическая опасность на этих территориях так же естественна, как весенние грозы или сентябрьский снег. Но если мы хотим ознакомиться с основными закономерностями проявления сильных землетрясений, нам не избежать экскурса в геодинамику Кыргызстана (рис .3).

Большая часть Республики находится в пределах Тянь-Шаня и только самые южные территории Алайского района Ошской области уже принадлежат Памиру. За этими названиями скрываются значимые различия в истории становления горных стран. Памир входит в Альпийско-Гималайскую складчатую систему, образовавшуюся на месте палеоокеана Тетис в результате сближения Индостанской и Евразийской плит. Палеоокеан Тетис прекратил свое существование 50 млн. лет тому назад, но перемещение Индостанской плиты к северу продолжалось и позже, в так называемую коллизионную стадию, в результате чего комплексы, слагающие Заалайский хребет Памира были перемещены к северу не менее чем на 300 км [Трифонов, 1999; Burtman, 2000]. По данным спутниковой геодезии этот процесс продолжается и поныне. Индостанская плита продолжает перемещаться на север со скоростью ~35 мм в год [Зубович и др., 2009].

Тянь-Шань, также как Алтай или Саяны, относится к категории внутриконтинентальных (или внутриплитных)

орогенов, причина образования которых в настоящее время далека от решения и находится в фокусе внимания ведущих геологов и геофизиков. Главная особенность горных систем этого типа заключается в том, что они расположены не на границе, а во внутренней части литосферной плиты.

Вслед за [Molnar and Tapponnier, 1975] большинство исследователей Тянь-Шаня считают, что горообразовательные процессы здесь также происходят вследствие столкновения Индостанской и Евразийской плит. Противники данной концепции определяющую роль в формировании гор отводят гравитационной неустойчивости в верхней мантии и земной коре Тянь-Шаня [Садыбакасов, 1990; Бакиров, 1999; Курскеев, Шацкилов, 2000; Трифонов и др., 2008]. Принять один из альтернативных сценариев развития Тянь-Шаня невозможно потому, что эта горная система состоит из трех сегментов, каждый из которых обладает своими структурными особенностями.

Границей между Восточным (Китайским) и Центральным Тянь-Шанем служит меридиан 80° в.д., который проходит через высочайший горный массив с пиками Хантенгри и Победы. Границей между Центральным и Западным Тянь-Шанем служат хребты северо-западного (антитяньшаньского) простирания: Ферганский, Атойнокский, Таласский и Большой Каратау [Буртман, 2006]. В тектонической структуре региона этой границей служит Таласо-Ферганский разлом, известный, как один из крупнейших сдвигов Евразийского континента с суммарной амплитудой горизонтального перемещения масс на 200 км [Буртман и др., 1963]. Десятки ведущих исследователей Тянь-Шаня уделяли пристальное внимание изучению этого разлома. Полную информацию по этому вопросу можно найти в монографии «Геодинамика Таласо-Ферганского разлома», [Мамыров и др., 2009].

Западный Тянь-Шань полностью находится в сфере влияния Памиро-Гималайской коллизии. По геологическим предпосылкам, сформулированным еще в 1964 году, структура Западного Тянь-Шаня, включающего Ферганскую впадину и ее горное обрамление, обусловлена вращением Ферганского блока против часовой стрелки вдоль Таласо-Ферганского сдвига (рис. 4). При этом, движения начались в позднем палеозое (~ 270 млн. лет тому) и активизировались на новейшем этапе (~ 30 млн. лет тому) [Бакиров, 2008]. Позднее работами А.А.Никонова, В.К. Кучая, В.Г. Трифонова, В.И. Макарова установлено, что тектонические деформации в Западном Тянь-Шане обусловлены давлением

Памирского выступа на Тянь-Шань и особенно активно проявились в плейстоцене и голоцене (~ 2 млн. лет тому) [Макаров, 2005]. По палеомагнитным данным этот процесс стартовал несколько позже, в конце триаса-ранней юре (~ 200 млн. лет тому). А в плейстоцене в связи с движением Памирского выступа на север происходит поворот Ферганского блока на угол около 20° против часовой стрелки. При вращении происходят правосторонние смещения по Таласо-Ферганскому разлому, структуры Чаткальского хребта меняют простирание от широтных до северо-восточных, происходит воздымание Ферганского хребта и утолщение коры под ним, формируется пологий изгиб структур Южного Тянь-Шаня. Альпийские смещения по Таласо-Ферганскому разлому дифференцированы по амплитуде – от нуля западнее Чаткальского треугольника до 100-120 км на севере Ферганы; далее к востоку амплитуда смещения спадает вплоть до нуля вблизи Тарима, где разлом переходит в систему надвигов южной вергентности [Vazhenov, 1993]. Данные спутниковой геодезии подтверждают (рис.5.), что давление Памирского выступа и вращение Ферганского блока против часовой стрелки продолжается в настоящее время [Зубович, 2005; Reigber Ch. et al., 2001]. Этот блок включает Ферганскую впадину (ФВ), Чаткальский хребет (СНР) и часть Алайского хребта.

Горная система Центрального Тянь-Шаня (ЦТШ) является относительной автономией и развивается в обстановке транспрессии, [Cobbold et al., 1994; Дельво и др., 2001], обусловленной левосторонним смещением Тарима относительно Казахской платформы. Под транспрессией подразумевается режим деформаций, протекающий при одновременном воздействии сжатия и сдвига. Главными структурными единицами ЦТШ являются зоны устойчивых поднятий и разделяющие их зоны устойчивых пригибаний восток северо-восточного простирания (см. рис.3). Поднятия протяженностью 340-600 км и шириной 25-70 км, состоят из цепочки кулисно сопряженных хребтов. Наиболее крупные межгорные впадины ЦТШ (Чуйская, Иссыккульская, Нарынская и Аксайская) при ширине 40-80 км имеют протяженность 250-380 км. Они выполнены мезозой-кайнозойскими отложениями, палеозойский фундамент впадин погружен на глубину 3-4 км ниже уровня моря [Макаров, 1977; Садыбакасов, 1990; Чедия, 1986].

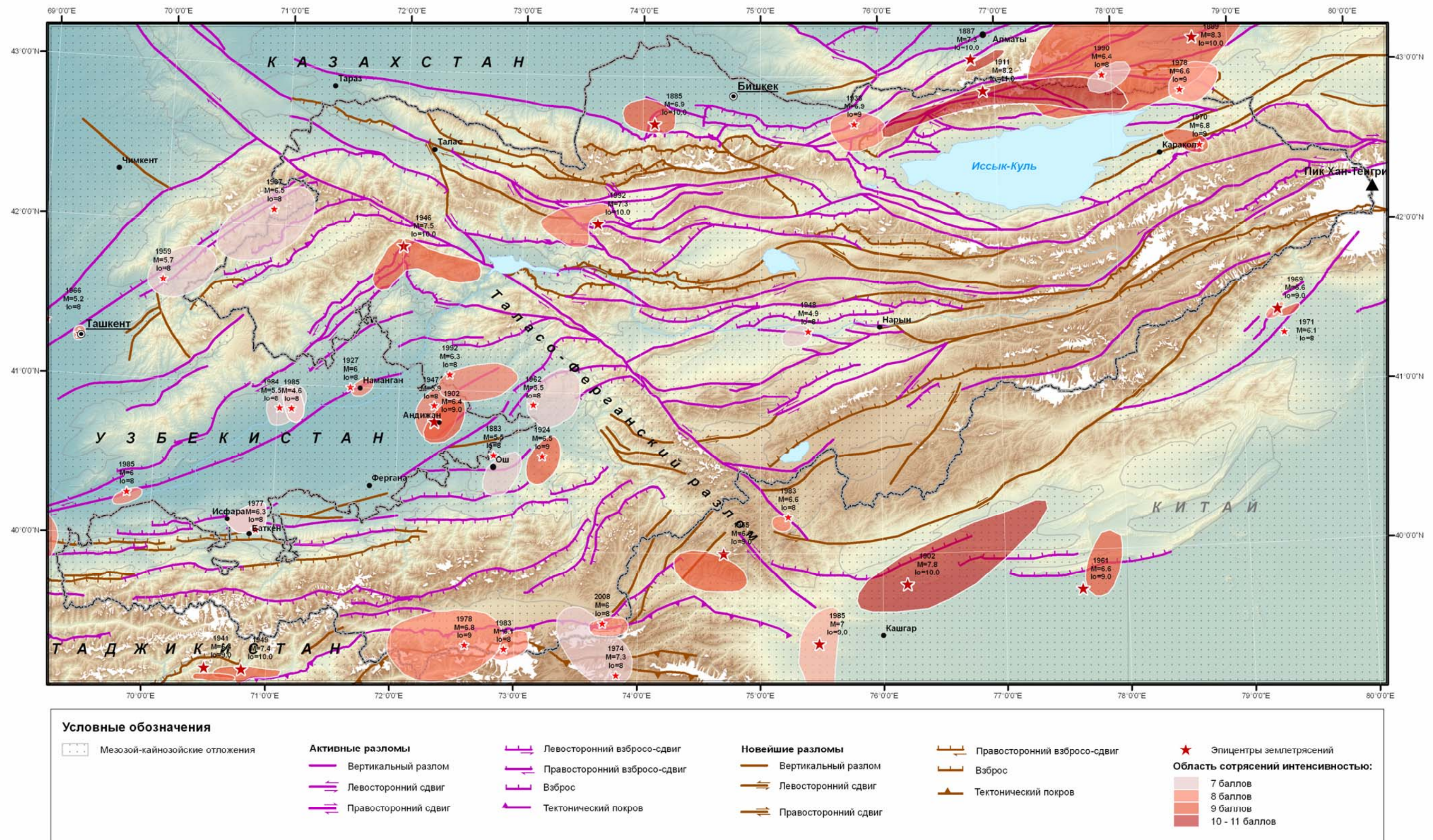


Рис.3. Схема очаговых зон разрушительных землетрясений на геологической основе.

Составлена с использованием материалов [Джанузакон и др., 2003; Абдрахматов и др., 2001; Баженов, Миколайчук, 2004; Геологическая карта ..., 1980; Ибрагимов, 1980; Макаров и др, 2005; Никонов и др., 1983; Тектоническая карта..., 2007; Трофимов и др., 2002; Чедия, 1986; Geological map..., 1985]

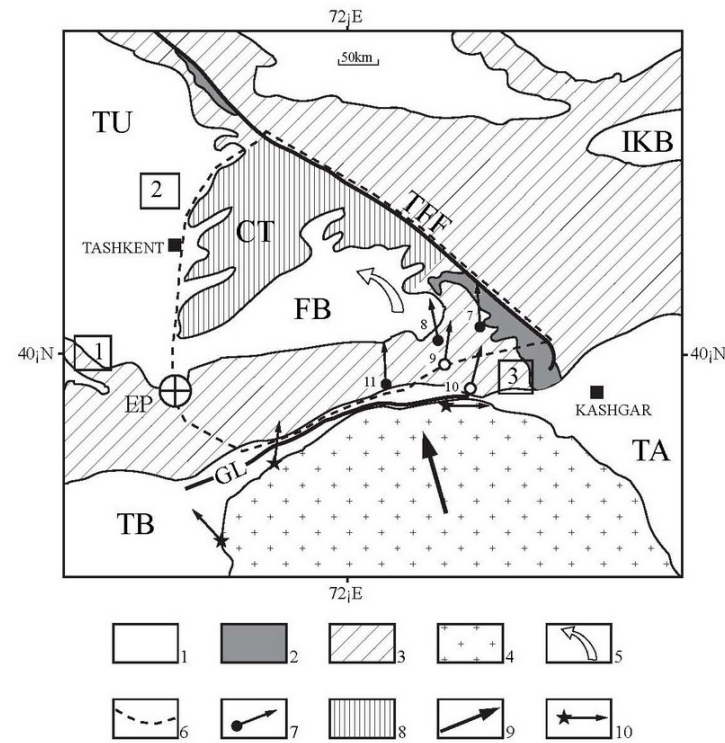


Рис. 4. Схема, иллюстрирующая вращение Ферганского блока. 1-кайнозойский чехол; 2-юрские бассейны, сопряженные с Таласо-Ферганским разломом; 3-Тяньшаньский домен (в основном палеозойский); 4-Памирский домен; 5-направление предполагаемого вращения Ферганского блока; 6-граница вращающегося блока; 7-некоторые описываемые участки (номера в соответствии с текстом); 8-компенсационные структуры (компенсационный треугольник), образовавшиеся при вращении Ферганского блока (обозначен СТ-Чаткальский треугольник); 9-направление движения Памира; 10-местоположение изученных меловых отложений из Внешней зоны Памира и их палеомагнитное направление. Номера в прямоугольниках обозначают области предположительно не вовлеченные во вращение. Аббревиатура: ИКВ-Иссык-Кульский бассейн, ТФФ-Таласо-ферганский разлом, ТУ-Туранская плита, ФВ-Ферганский бассейн, ТА-Таримская платформа, ГЛ-надвиговая линия Губина, ТД-Таджикская депрессия, ЕР-положение полюса Эйлера, показанного в виде круга с крестом внутри; по [Vazhenov, 1993]

Отмеченные соотношения поднятий и впадин наблюдаются в западной части ЦТШ. К востоку, по мере приближения к Хантенгрийскому горному массиву, поднятия сливаются между собой (рис.6), а на продолжении впадин остаются тектонические швы, которые в структурной геологии называются «сутурами». Новейшие разломы, ограничивающие поднятия и межгорные впадины ЦТШ, полностью наследуют структурный рисунок

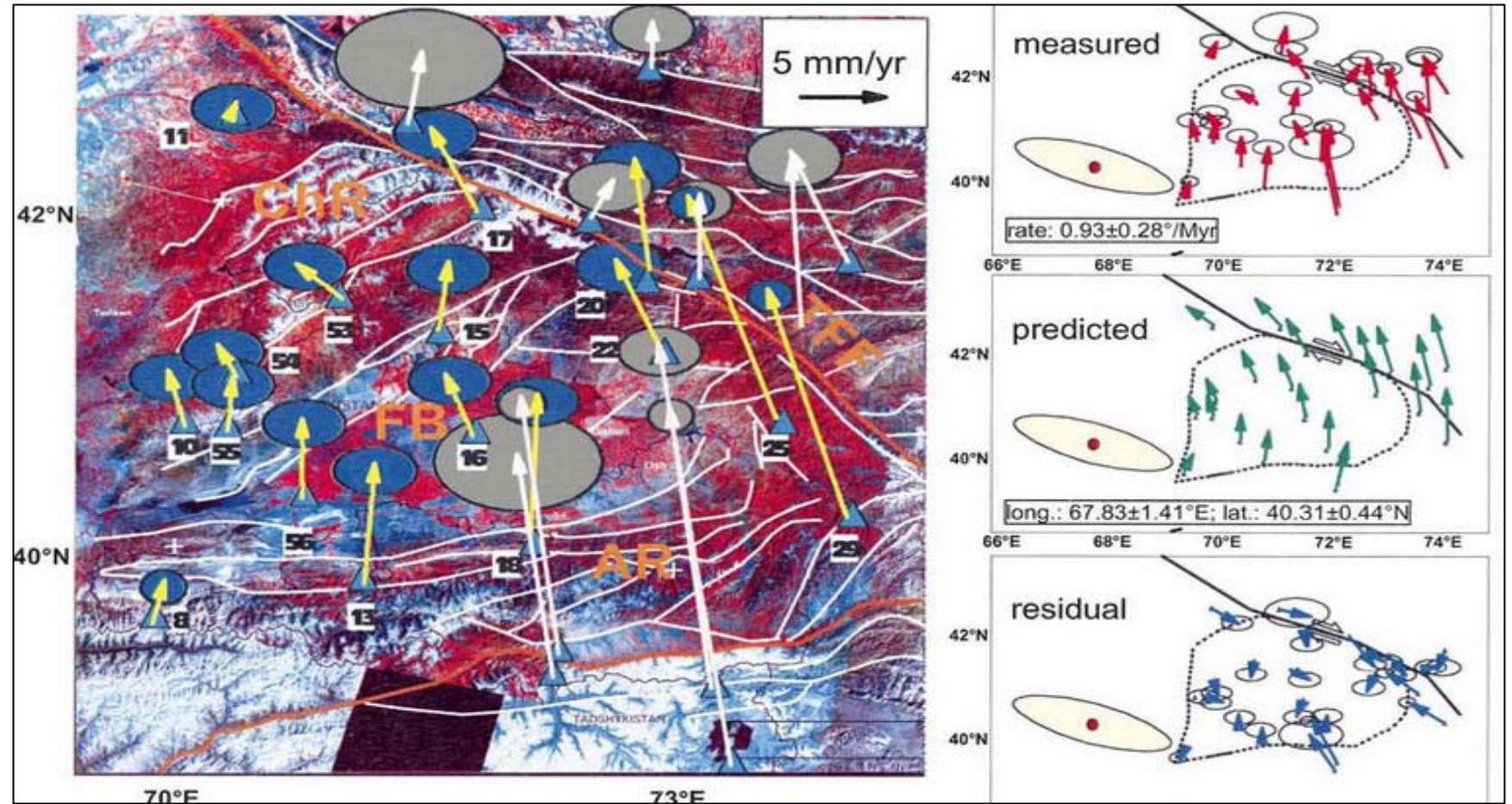


Рис. 5. GPS данные, подтверждающие вращение против часовой стрелки Чаткальского хребта и Ферганской впадины. Белые линии отражают положение активных разломов. Рисунки справа: эллипс с красной точкой в центре отражает полюс Эйлера (полюс вращения) с 95 % достоверностью. Центральный правый рисунок показывает скорости перемещения Ферганского блока по отношению к Таласо-Ферганскому разлому. В нижнем правом рисунке показано, что внутри Ферганского блока происходит уменьшение скорости, что является следствием деформаций вдоль активных разломов [Reigber et al., 2001].

позднепалеозойских сдвигов, амплитуды смещения по которым достигают десятков километров. В новейших разломах сдвиговая компонента на порядок меньше или совсем отсутствует, что помимо прямых геологических наблюдений находит подтверждение в палеомагнитных исследованиях [Баженов, Миколайчук, 2004].

Выходы мезозой-кайнозойских отложений установлены также в приподнятых массивах, где они слагают так называемые внутригорные впадины, фундамент которых не погружается ниже нулевой отметки [Чедия,

1986]. Эти морфоструктуры не имеют самостоятельного значения и являются составной частью тектонических пластин, с позднего плиоцена формирующих структуры пальмового дерева (palm tree structures) в обстановке транспрессии [Миколайчук и др., 2008].

Сопоставление размещения эпицентров землетрясений с новейшей тектоникой региона показывает, что довольно часто землетрясения группируются вдоль новейших разломов, т.е. генетическая связь между ними как бы не вызывает сомнения. При возникновении разрушительных коровых землетрясений, происходящие в их очагах смещения нередко достигают земной поверхности и тем самым оказываются доступными для непосредственного наблюдения. Данные наблюдения позволили выделить категорию **активных разломов**, движения по которым могут ожидать сейчас или в ближайшем будущем. Поскольку импульсные подвижки, вызванные землетрясениями, чередуются с периодами затишья, оценка времени жизни **активного разлома** является непростой задачей. Специальными исследованиями

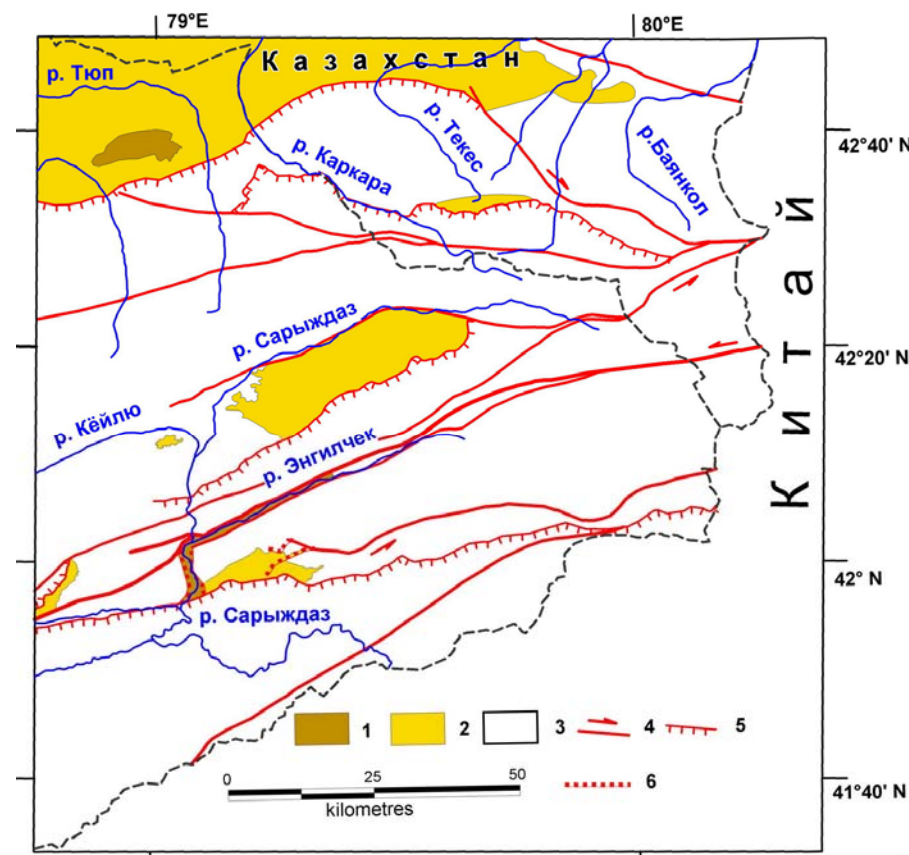


Рис. 6. Неотектоническая схема бассейна р. Сарыджаз и прилегающих территорий

1 – Верхний плиоцен-нижний плейстоцен, 2 - Мезозой - кайнозойские отложения, 3 – Палеозойский фундамент, 4 – сдвиги, 5 – надвиги, взбросы, 6 – сбросы

установлено, что разлом может считаться потенциально сейсмоопасным, если его активность протекала в течении позднего плейстоцена- голоцена, т.е. примерно 100 тыс.лет.

При этом допускается, что образование разлома могло относиться к более ранним временам [Абдрахматов и др., 2001; Трифонов и др. 2002; Макаров и др., 2005]. Величина возможного землетрясения пропорциональна длине активного разлома и типу подвижки по нему (см. рис. 7). При прочих равных условиях максимальная магнитуда наиболее вероятна при взбросовом типе землетрясения [Трифонов, 2000; и др].

Степень развития активных разломов отражена на схеме (рис. 3). Для западной части ЦТШ существует более детальная схема, поученная по результатам специализированных исследований (см. рис. 8).

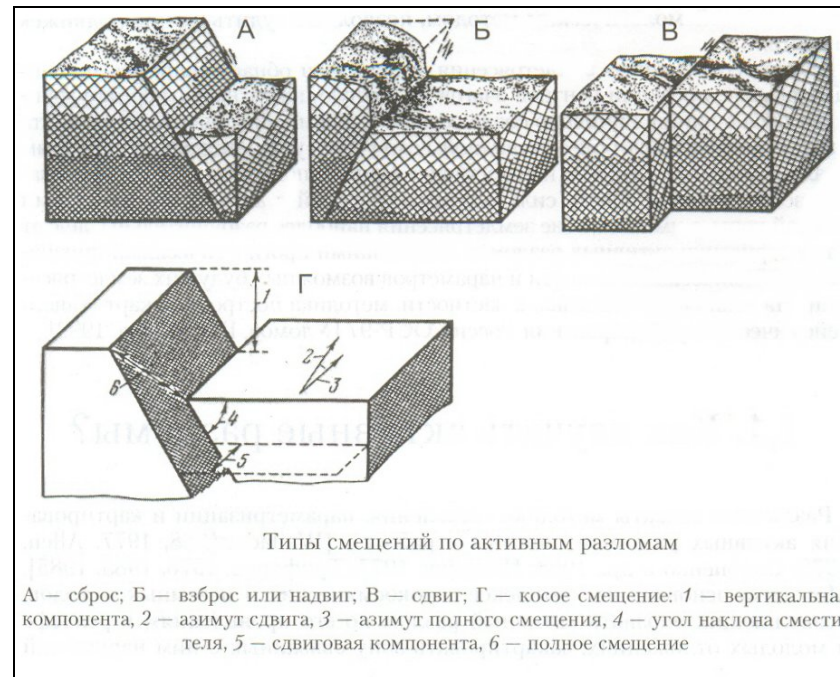


Рис.7. Типы смещений по активным разломам.

А-сброс; Б-взброс или надвиг; В-сдвиг; Г- косое смещение: 1-вертикальная компонента, 2-азимут сдвига, 3-азимут полного смещения, 4-угол наклона сместителя, 5-сдвиговая компонента, 6-полное смещение; по [Трифонов, Карахатян, 2008]

Таким образом, если известна длина активного разлома и тип подвижки по разлому, то можно рассчитать максимально возможную силу ожидаемого землетрясения.

Таковы теоретические основы сейсмотектоники. На практике все сложнее. Не всегда удается доказать, что разлом действительно относится к категории активных, или проследить его на всю длину. Желательно также учитывать скорости движений по разломам, оценки которых требуют значительных материальных затрат. Существуют региональные особенности, из-за которых вводятся поправки в выявленную закономерность. Поэтому не меньшее значение в оценке сейсмической опасности приобретает изучение и картографическое отображение палеосейсмодислокаций – остаточных деформаций от землетрясений, имевших место в доисторический период [Абдрахматов, Томсон, 2005; Утиров, 1997; Strom, Abdрахmatov, 2004]. Пример такой карты показан на рис.9.

Проявление сильных и разрушительных землетрясений зависит от многих факторов. Установлена корреляция местоположения очагов сильных землетрясений с градиентными зонами новейших и современных движений

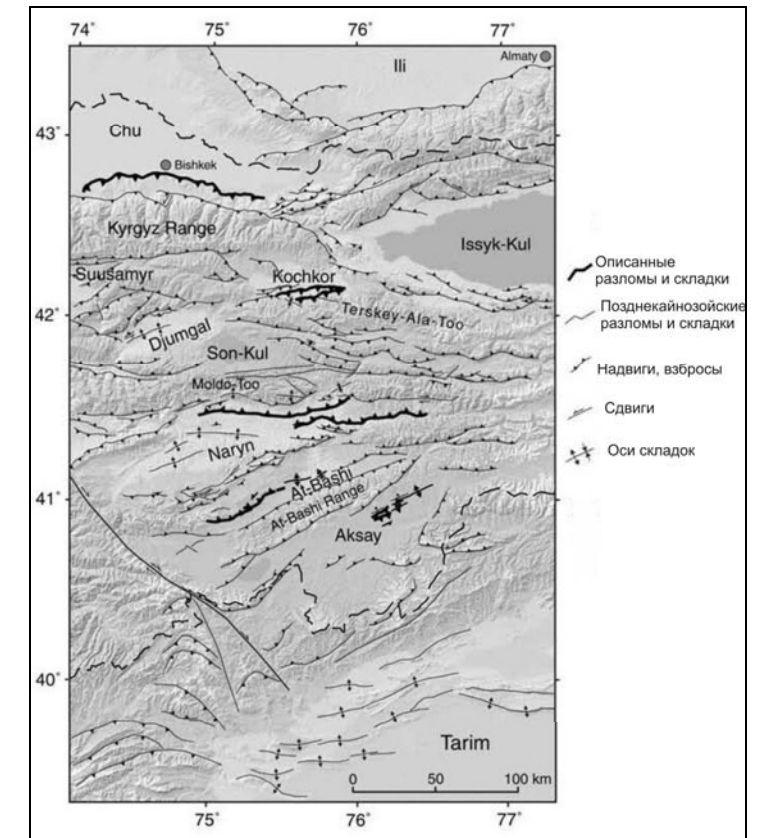


Рис. 8 Активные разломы и складки Центрального Тянь-Шаня, по [Абдрахматов и др., 2001].

[Гзовский, 1975; и др.], структурно-вещественными комплексами земной коры [Кнауф, 1982; Кнауф и др., 1985], коровыми волноводами [Адамова, Миркин, 2006], мантийными неоднородностями [Сабитова и др., 2009], градиентными зонами различных геофизических полей [Токмулин (ред.), 1992], временными вариациями поля поглощений сейсмических волн в литосфере [Копничев, Михайлова, 2000].

При составлении карт сейсмического районирования предпринимаются попытки интегрировать всю сумму данных, при этом используются как методы, основанные на «формальном» подходе [Борисов, Рейснер, Шолпо, 1975], так и основанные на «традиционном» (детерминистском) применении экспертных оценок [Кнауф, 1988]. Первая карта сейсмического районирования Кыргызстана, основанная на совместном анализе геологических, геофизических и сейсмологических данных, была создана в 1976 году [Джанузаков и др., 1977].

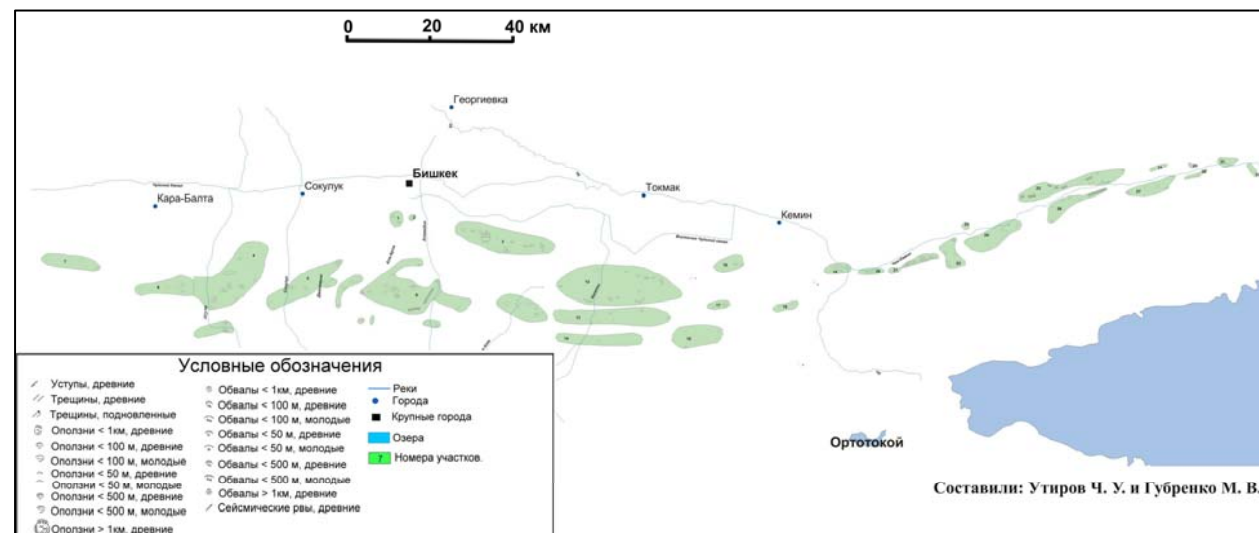


Рис. 9. Проявление палеосейсмодислокаций на территории Северной Киргизии, по [Губренко, 2010]

Все разрушительные землетрясения, возникшие после публикации данной карты, подтвердили ее представительность, т.е. все сильные землетрясения в последующие 10 лет произошли в пределах указанных на карте зон возможного возникновения Очагов Землетрясений (ВОЗ) и их магнитуда не превышала ожидаемой. Исключением стало Суусамырское землетрясение 1992 года, его магнитуда оказалась на 2 единицы больше ожидаемой. Ради справедливости следует отметить, что это землетрясение было неожиданным для сейсмологов и сеймотектонистов всего мира, из-за чего большое количество ученых мира приняли участие в изучении данного феномена.. С учетом новых данных в 1996 году была издана новая версия карты сейсмического районирования [Турдукулов, 1996], которая по настоящее время является нормативной для строительных организаций Республики.

В соответствии с последней картой сейсмического районирования [Турдукулов, 1996] в пределах Республики выделяется 23 сейсмогенерирующие зоны или зоны ВОЗ. Среди них наибольшую сейсмическую опасность представляют зоны, в которых возможно возникновение очагов землетрясений с разрушительным эффектом на поверхности, в 9 и более баллов. В результате таких землетрясений возникают остаточные деформации как сейсморазрывного, так и сейсмогравитационного характера. К ним относятся Северо-Тяньшанская, Арамсуйская, Джумгало-Терскойская, Чаткало-Ферганская, Тарско-

Южноферганская и Гиссаро-Кокшальская зоны. Последнюю зону составляют Дарваз-Каракульский и Кокшаальский сегменты. Каждая из зон обладает своими особенностями геологического строения и отличиями в геодинамической обстановке.

Ниже, в качестве примера, описаны разрушительные землетрясения из перечисленных сейсмогенерирующих зон. За исторический период наблюдений в пределах Кыргызстана произошло

сотни разрушительных землетрясений. Их перечень приводится в каталоге сильных землетрясений настоящего издания (см. Приложение 2). Достаточно полную информацию о наиболее сильных из них можно почерпнуть из книги К.Д. Джанузакова с соавторами (2003) «**Сильные землетрясения Тянь-Шаня**». В этой связи мы ограничились описанием сейсмических событий, которые к настоящему моменту наиболее полно изучены.

2.2. Примеры проявления разрушительных землетрясений

2.2.1. Кеминское землетрясение 1911 года (M=8,2; I₀ = 10-11 баллов)

Уникальная по своей интенсивности серия разрушительных землетрясений имела место в пределах Северо-Тяньшанской сейсмогенной зоны на рубеже XIX и XX веков. Это - Беловодское землетрясение 1885 года (M=6,9; I₀=9-10 баллов), Верненское 1887 года (M=7,3; I₀=9-10 баллов), Чиликское 1889 года (M=8,3; I₀=10 баллов). Завершающим аккордом этого реквиема Плутона явилось Кеминское землетрясение 1911 года. Именно аккордом, мы постараемся показать, что это было не одноактное сейсмическое событие, а длительный процесс, охватывающий территорию двух крупнейших хребтов Тянь-Шаня - Заилийского и Кунгей Алатау. Во время Кеминского землетрясения погибло 452 человека [Богданович и др., 1914]. Подобные жертвы считаются незначительными, поскольку при проявлении землетрясений, с магнитудой M > 8 в густо населенных

районах количество погибших может исчисляться десятками и сотнями тысяч.

Вот как описано это событие в докладе одного из основоположников современной сейсмологии, Б.Б. Голицына «...точно так же, как и Верненское (землетрясение 9 июня 1887 г), началось в 4ч. 40 мин. утра по местному времени. После прихода поперечной волны приборы (установленные на станции Пулковое – примечание авторов) приобрели такую амплитуду размаха, что гальванометры вышли из строя, а у маятника с механической регистрацией выпала стальная игла. За два дня до этого большого землетрясения, а именно 1 января 1911 г., в той же области произошло два более слабых землетрясения, примерно в 10:24 и 15:05.»

Во многих районах Европейской части России в ночь с 3 на 4 января остановились маятниковые часы. В городе Верном не уцелело ни одно здание: глинобитные дома полностью разрушены, каменные дома получили трещины. Образовались глубокие разрывы почвы на земной поверхности. На правом берегу Алматинки наблюдались оползни. В самом Верном и близ лежащих станицах было убито 44 и ранено 100 чел. С Алматинского пика обрушивались большие скалы и отбрасывались к северу. В хр. Заилийский Алатау произошли обвалы, под которыми были погребены люди и скот. На северном берегу Иссык-Куля пострадало много деревень, среди них Сазоновка, Алексеевка, Фольбаумское, Михайловка и др. Относительно характера колебаний почвы большинство сообщений сходится в том, что это землетрясение было волнообразным движением, закончившимся вертикальными толчками. (со слов очевидца: поверхность земли выглядела как горбы бегущего верблюда). Почти во всех сообщениях отсутствуют данные о подземном гуле, который был слышен в 1887 г. и вызвал тогда большую панику.» [Голицин, 1960].

Кеминское землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками. В течение полугода в г. Верном ощущались постоянные подземные толчки (всего более 300 землетрясений). Наиболее сильные из них произошли 9, 12 и 14 января 1911 г. В результате афтершока 14 января 1911 г. около пос. Талгар произошел обвал скальных пород высотой 14-20 м. Длина его составила 1700-1800 м, при ширине - 80-100 м. [Джанузаков и др., 2003].

Спустя несколько месяцев после данного сейсмического события эпицентральная область Кеминского землетрясения обследовалась группой геологов под

руководством проф. К.И. Богдановича [1914]. Было установлено, что основные сейсмодислокации сосредоточены в пределах бассейна рек Чон-Кемен и Чилик, а также в междуречье Чон Аксу – Чон Байсоорун, вдоль северного борта Иссыкульской впадины. Эти наблюдения легли в основу всех дальнейших сеймотектонических построений (см. рис.10). И только в 1996 г. в рамках международного проекта были проведены специализированные исследования по изучению активных разломов, сохранившихся с 1911 г. и сопутствующих им сейсмодислокаций [Дельво и др., 2001]. По результатам этих работ, главным образом, и приводится описание очаговой зоны Кеминского землетрясения.

Вдоль р. Чон–Кемин, и затем и р. Чилик прослеживается узкая транспрессивная шовная зона ВСВ простирания, представленная двумя субпараллельными левыми сдвигами: Чилико-Кеминским северным (1 на рис.10) и Чилико-Кеминским южным (2 на рис.10). Западнее Чон-Кеминской впадины они соединяются, прослеживаясь вдоль предгорий Кыргызского хребта как Шамсинский разлом (3 на рис.10). Эта система разломов заложилась в позднем палеозое, но в течение кайнозоя неоднократно претерпевала реактивацию [Баженов, Миколайчук, 2004]. В районе Чилико-Кеминской перемычки к ним примыкает Аксуйский разлом (4 на рис.10) юго-западного простирания [Чедия, 1990]. Его кинематика изучена недостаточно, лишь по долине р. Чон Байсоорун зафиксированы левосторонние смещения амплитудой в первые метры, установленные в стенах Каменской крепости VIII-XII вв [Корженков, 2006].

Кеминское землетрясение сопровождалось образованием сложной системы сейсмодислокаций, которые сконцентрированы на отдельных сегментах упомянутых активных разломов, достигая по протяженности первые десятки километров [Дельво и др., 2001]. Самый западный из них, Джиль-Арыкский сегмент находится вблизи впадения р. Чон-Кемин в р. Чу. Обусловленные землетрясением подвижки установлены на протяжении 20 км. Видимые в обнажениях плоскости разрывов падают на юг под углом 45-60° с преобладанием взбросовой компоненты смещения. Вдоль крутых плоскостей смещения наблюдаются незначительные сдвиговые подвижки.

В районе урочища Джая (среднее течение р. Чон-Кемин) проявилась активизация как Чилико-Кеминского южного, так и Чилико-Кеминского северного разломов. Сейсмодислокации установлены вдоль разломов: в интервале 62 км для южного и 40 км для северного.

Наблюдаются вертикальные подвижки до 4-5 м и левосторонние смещения русел рек амплитудой до 5-10 м.

Чилико-Кеминская перемычка: Серия разрывов суммарной протяженностью 46 км была закартирована экспедицией К.И. Богданович в речовьях рек Чон-Кемин и Чилик. Большая часть этого сегмента находится на территории Казахстана, подробные сведения о характере движений по разлому отсутствуют.

Чон-Аксуйский сегмент Аксуйского разлома простирается в субширотном направлении от перевала Аксу на западе до пер. Кок-Бель на востоке вдоль южного склона Кунгей Алатау. Общая протяженность сейсмогенных разрывов составляет 40 км. Для описываемого сегмента характерны взбросы, сместитель в которых погружается к северу под углом 60°. Максимальная высота приразломного уступа составляет 10,5 м, но обычно колеблется в пределах 4-6 м. Сдвиговая компонента по разлому не превышает 1 м.

Восточно-Аксуйский сегмент этого же разлома простирается в юго-восточном направлении от р. Аксу до побережья Иссыкуля за селом Ананьево (Сазановка). Данный разрыв прослеживается на поверхности на протяжении 34 км. Он полого падает к северу, вертикальная амплитуда смещения составляет 3-5 м.

При описании Кеминского землетрясения неоднократно упоминается широкое проявление оползней, обвалов и селей. К сожалению эти данные не нашли картографического отражения и география их распространения не может быть прослежена. Достоверно установлено местоположение двух крупных обвалов объемом до 15 млн кубических метров. Они нашли отражение на представленной схеме (рис.10). Это Каиндинский (Чонкаиндинский) обвал у западного окончания Чонкеминской впадины, и Ананьевский обвал вблизи одноименного селения. Последний весьма детально изучался международной геофизической группой [Havenith et al., 2003]. По результатам проведенных работ установлено точное расположение сейсмоактивного разлома а также морфометрические параметры Анаьевского обвала. Воронка отрыва, обращенная к югу, имеет высоту 200 м при общей высоте от основания до вершины обвала примерно 500м и общей длине 900м. Обвал состоит из обломков, варьирующих по размерности от мелкозернистого арениста до слабосцементированных глыб, размером с дом. [Havenith et al., 2003].

Приведенные данные свидетельствуют, что во время Кеминского землетрясения подвижки происходили по

сопряженным разломам субширотного и юго-восточного простирания. В движение был вовлечен крупный блок земной коры, сейсмическая активность которого продолжалась не менее полугода.

2.2.2. Беловодское землетрясение 1885 года ($M=6,9$; $I_0 = 9-10$ баллов)

Как и Кеминское оно произошло в той же Северо-Тяньшанской сейсмогенерирующей зоне, но по интенсивности проявления оно на порядок слабее. Казалось бы, в соответствии с принятым нами сценарием описания сейсмичности Кыргызстана, этим событием можно и пренебречь. Однако для широкой аудитории сведения о Беловодском землетрясении могут оказаться едва ли не самыми интересными, хотя бы потому, что оно проявилось в обстановке, идентичной неотектонической структуре г. Бишкека и его пригородов. Таким образом, задумываясь о последствиях возможного разрушительного землетрясения в пределах г. Бишкека (подчеркнем, что речь идет о непредсказуемо обозримом будущем), совсем не следует будоражить свое воображение. Достаточно познакомиться с характером разрушения земной поверхности, а также различных типов зданий в пределах плейстосейстовой области Беловодского землетрясения и транслировать эту картину на 50 км к востоку.

Для большей убедительности высказанного тезиса, рассмотрим более детально положение плейстосейстовой зоны описываемого землетрясения в геологической структуре района. Как видно из прилагаемой схемы (см. рис. 11), очаг Беловодского землетрясения был локализован у западного окончания нижних предгорий, получивших здесь название Сокулукская ступень [Трофимов и др., 1976]. Даная морфоструктурная единица сложена кайнозойскими отложениями, которые вовлечены в поднятие с позднего плейстоцена и по Аксуйскому разлому (1 на рис. 11) надвигаются на разновозрастные осадки Чуйской впадины. На Сокулукскую единицу взброшена Серафимовская (2 на рис. 11), которая в свою очередь ограничена с востока следующим тектоническим блоком. С характеристикой этого структурного ансамбля можно познакомиться в статье [Миколайчук и др., 2003], здесь лишь отметим, что при всей условности сравнения, подобные тектонические подвижки напоминают весенний ледоход на реке.

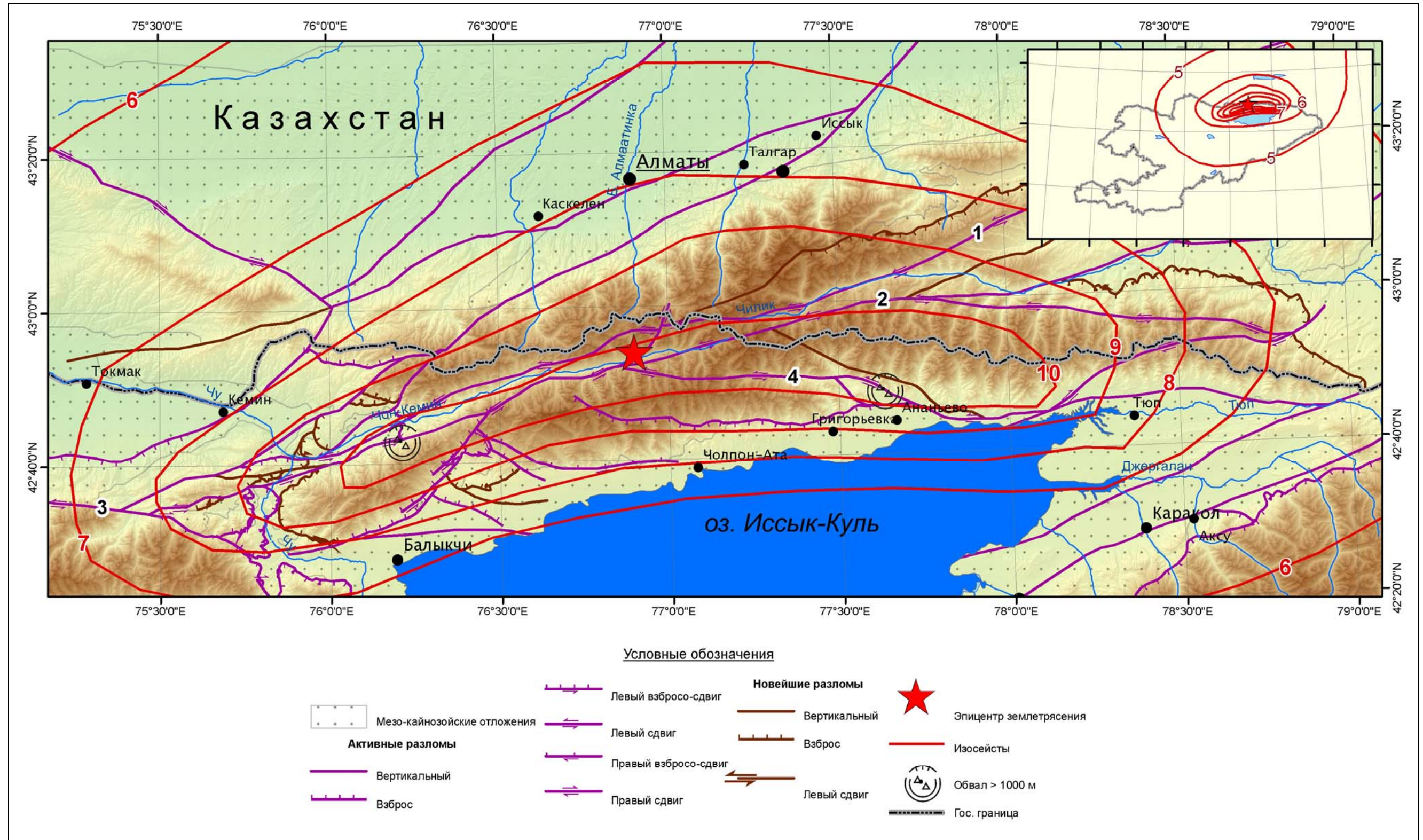


Рис.10. Неотектоническая схема очаговой области Кеминского землетрясения 1911 года (M=8.2, I₀=10-11 баллов)

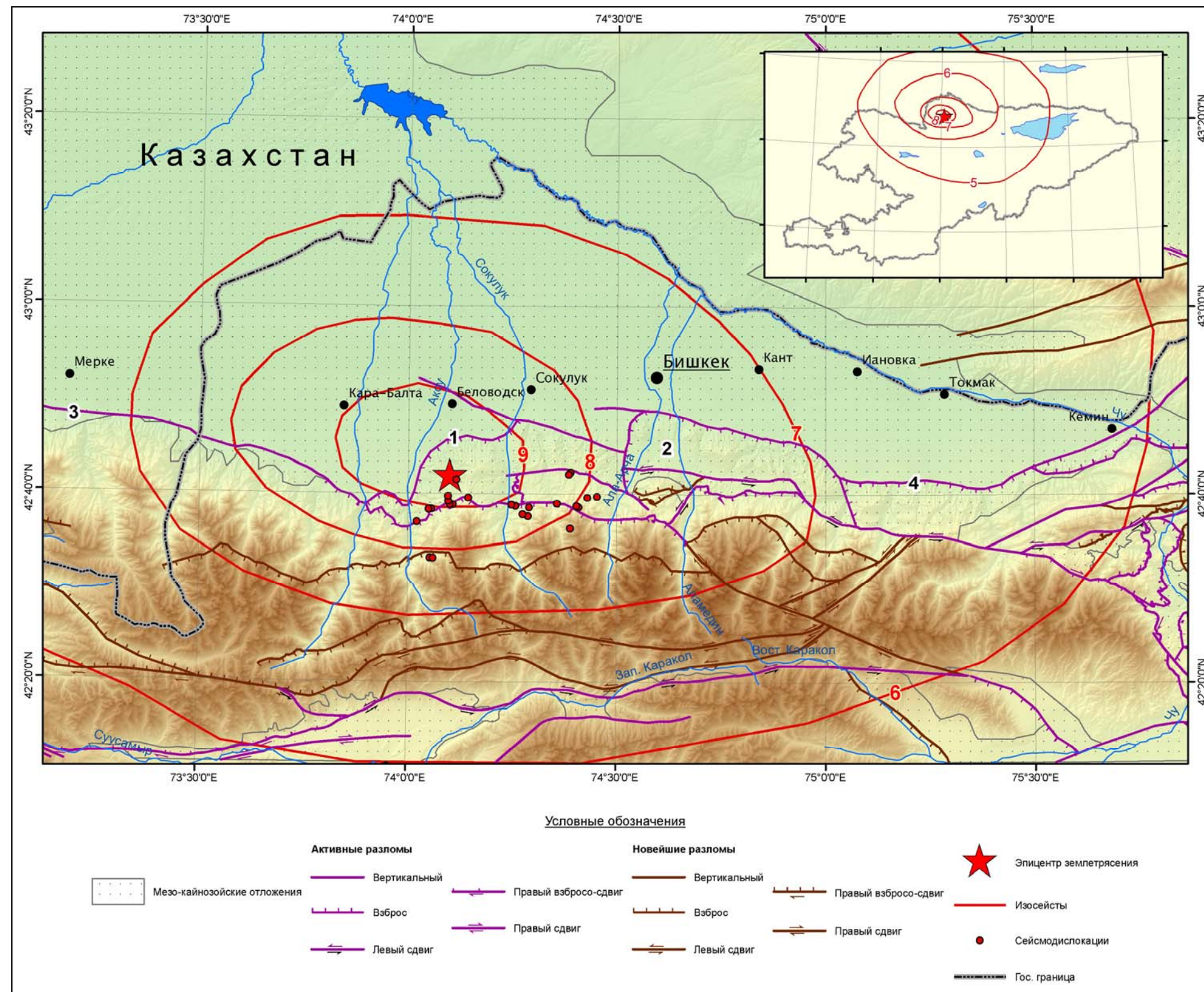


Рис. 11. Нетектоническая схема очаговой области Беловодского землетрясения 1885 года ($M=6.9$, $I_0=9-10$ баллов)

Перемещение сопряженной серии тектонических блоков обычно контролируется крупным региональным сдвигом, поэтому в структурной геологии они получили название **присдвиговых дуплексов**. В нашем случае таковым является краевой разлом (3 на рис. 11), отделяющий палеозойские комплексы Кыргызского хребта от кайнозойских отложений Чуйской впадины.

Беловодское землетрясение ощущалось на огромной территории: от Джаркента (Панфилов) с востока до Ташкента на западе, от Балхаша на севере, до северо-западных провинций Китая на юге. С этим землетрясением связаны большие разрушения и человеческие жертвы, особенно в плейстоценовой области, где селения Беловодское, Карабалты и Сокулук были полностью уничтожены, а постройки в соседних районах получили серьезные повреждения. Сила землетрясения была настолько велика, что оно вызвало повреждения не только в близлежащем Пишпеке, Токмаке и Боомском ущелье, но и в Иссыккульской долине.

В левом борту р. Сокулук образовалась трещина длиной около 20 км, простирающаяся параллельно предгорьям до р. Аксу. Ширина ее колебалась от 15-20 см до 2 м. В предгорьях подземные толчки привели к образованию трещин в почвенном покрове, которые располагались параллельно простиранию хребта или же, как это наблюдалось в урочище Ура-Баши (возле Беловодского), образовывали перекрещивающиеся системы, по которым отдельные блоки были опущены друг относительно друга на 1,5 – 2,5 м. На склонах Кыргызского хребта землетрясение вызвало многочисленные обвалы, осыпи и оползни. В результате многочисленных обвалов, перевал в истоках р. Аксу оказался непроходим [Джанузаков и др., 2003].

Главный удар Беловодского землетрясения сопровождался рядом повторных толчков, которые ощущались в эпицентральной области в течение последующих 5-6 месяцев почти ежедневно. Самые сильные афтершоки произошли 3 августа и 25 октября, первый из которых ощущался в г. Пишпек (Бишкек) почти с такой же силой, как основной толчок [Горячев, 1954; Джанузаков и др., 2003]

Сейсмодислокации в пределах эпицентральной области землетрясения обследованы, замерены и в дальнейшем каталогизированы с использованием ГИС-технологий [Утиров, Губренко, 2003]. В междуречье Джеламыш-Аксу насчитывается 57 обвалов и оползней, сейсмогенная природа которых не вызывает сомнения.

Однако специализированные исследования самых крупных завалов (Белогорка и р. Аксу), достигающих объема $\sim 20 \times 10^6$ м³ и ~ 1.5 км³ соответственно привели далеко к неоднозначным результатам [Strom, Abdrakhmatov, 2004; Strom, Stepanchikova, 2008]. Упомянутые авторы совсем не отрицают сейсмогенную природу этих завалов, но не находят убедительных доказательств, что они проявились во время Беловодского землетрясения. С последним событием связан вторичный оползень, образовавшийся при ремобилизации Аксуйского завала, что привело к образованию временного озера [Strom, Abdrakhmatov, 2004; Strom, Stepanchikova, 2008]. Следовательно, сейсмическая активизация данного участка проявлялась неоднократно. В этой связи уместно напомнить о первых работах по детальному сейсмическому районированию Чуйской впадины. В.И. Кнауф и О.К. Чедия, которые еще в 1975 г. пришли к выводу, что предгорья Кыргызского хребта всегда будут сейсмоопасными, но сила землетрясений здесь не должна превышать 8-9 баллов [Грин и др., 1975]. В дальнейшем было установлено, что разрушительные землетрясения происходили здесь и в XV веке [Chediya et al., 1998]. По результатам изучения зоны Иссыккатынского разлома (4 на рис 11) в стенках траншей, выявлено, что при надвигании и обрушении плейстоценовых отложений происходило захоронение окаменелостей и палеопочв с возрастом 5250 ± 60 ; 5130 ± 50 ; 3530 ± 40 ; 3180 ± 40 ; 2830 ± 50 ; 2410 ± 50 ; 1850 ± 40 лет [Chedia et al., 2000; Thompson, 2001]. Эти возрастные метки также интерпретируются как следствие сейсмических событий, имевших место в нижних предгорьях Кыргызского хребта.

2.2.3. Суусамырское землетрясение 1992 года ($M=7,3$; $I_0 = 9-10$ баллов)

Землетрясение началось с сильного подземного гула, как будто произошел взрыв. Гул, шум, треск были настолько сильными, что не было слышно, как падали домашние вещи, дымоходные трубы, печи, разваливались стены и крыши домов. Сотрясения почвы подбрасывало сидящих на земле людей, а встававшие на ноги – не могли устоять. По земле пробегали волны, возникали трещины, начались массовые обвалы, камнепады и оползни, из скальных пород «выстреливали» куски и оставляли отверстия, диаметром до 0,5 м. [Джанузаков и др., 2003]. В пределах плейстоценовой области нет населенных пунктов, следовательно, описание приводится по свидетельствам

жителей поселков, расположенных по южном склону Суусамырского хребта. Эффект неожиданности оставил глубокий след в их воспоминаниях и по сегодняшний день.

Крупные разрушительные землетрясения всегда являются неожиданностью для населения, но только не для специалистов. И если предсказание времени сейсмического события пока что весьма рискованное занятие, то места их проявления известны с высокой степенью вероятности. Суусамырское землетрясение к счастью произошло в ненаселенном районе и жертвы от его воздействия минимальны, но оно полностью разрушило уверенность специалистов в достоверности оценок сейсмической опасности Тянь-Шаня. До этого события приводились многочисленные аргументы, в пользу того, что внутренние районы Тяньшаньского орогена являются слабо сейсмичными. В частности, сейсмостатистические данные за весь период инструментальных наблюдений убеждали, что Суусамырскую долину можно сравнить с тихой гаванью, защищенной от сейсмических сотрясений, бушующих в округе (см. рис. 12). Поэтому совершенно оправдан повышенный интерес к данному землетрясению специалистов не только из Азии, но Европы и Америки, что в итоге обеспечило высокую степень изученности как сейсмических характеристик эпицентральной зоны [Mellors et al., 1997; Джанузаков и др., 1997; и др.], так и остаточных

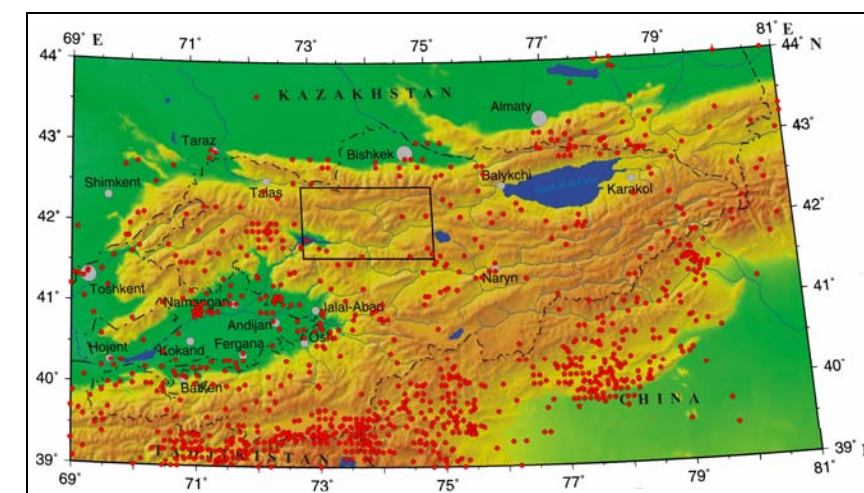


Рис. 12. Карта эпицентров землетрясений с $M \geq 4,5$ за период времени с исторических времен до момента возникновения Суусамырского землетрясения 1992 года. Прямоугольником околнута территория очаговой зоны Суусамырского землетрясения.

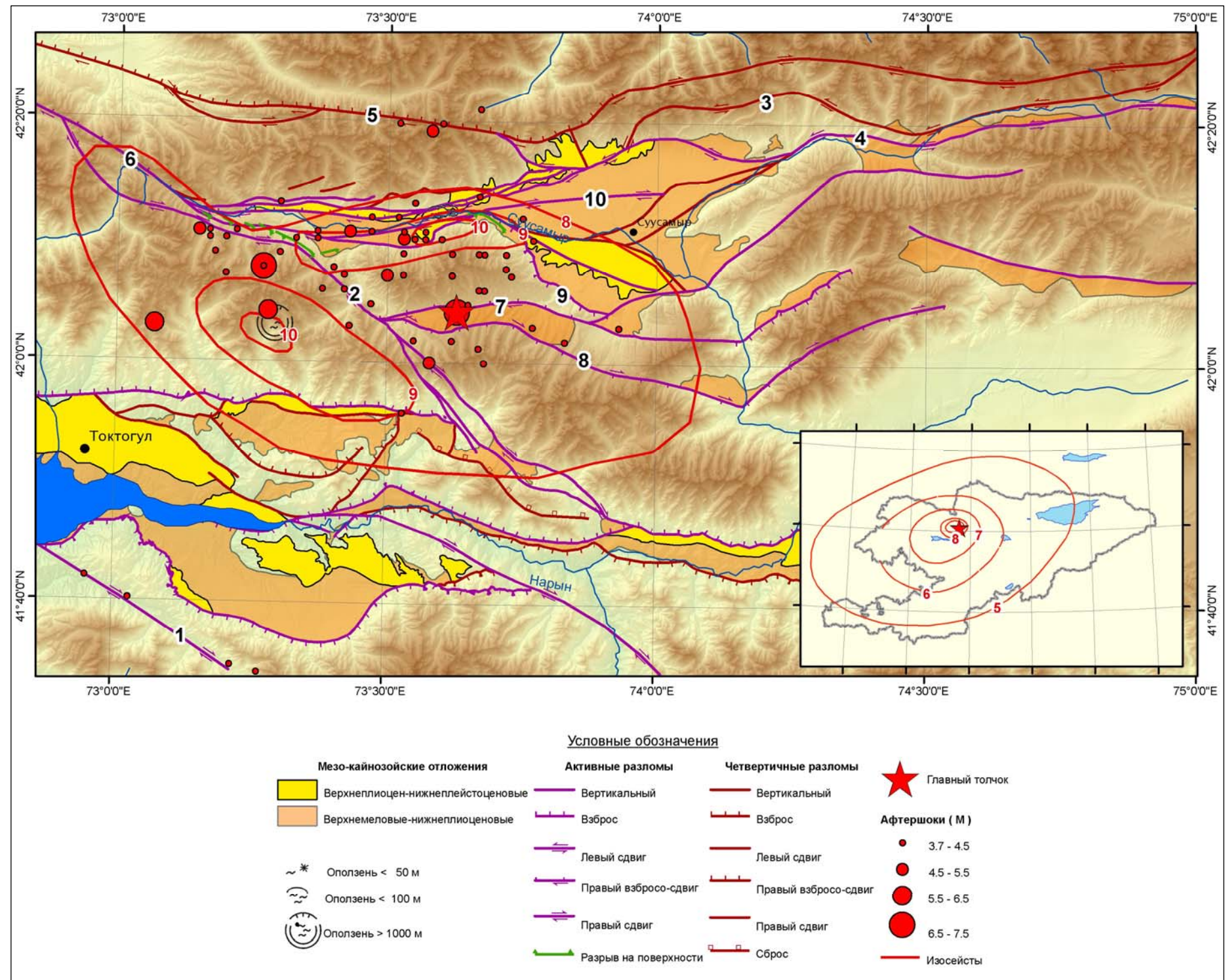


Рис. 13. Неотектоническая схема очаговой зоны Суусамырского землетрясения 1992 года (M=7.3, Io=9-10 баллов)

деформаций в плейстосейсовой зоне [Богачкин и др., 1997; Ghose et al., 1997; Havevith et al., 2000; Su Zongzheng et al., 1996].

Рассматриваемый район находится в северо-восточном крыле Таласо-Ферганского правого сдвига (1 на рис.13), где получили развитие две системы разломов, отличающихся левосторонним и правосторонним смещением. Направленность смещений определялась по зеркалам скольжения в зонах разломов [Burg, Mikolaichuk, 2008]. Суусамыр-Толукский разлом (2 на рис. 13), параллельный Таласо-Ферганскому сдвигу, также как последний характеризуется правосторонним смещением. Разломы субширотного простирания характеризуются левосторонним смещением в восточной части района (3 и 4 на рис.. 13) и правосторонним в его западной части (5 и 6 на рис.. 13). Эти данные находятся в согласии с результатами изучения активных разломов. В позднем плейстоцене-голоцене вдоль Каракольского разлома (6 на рис.. 13) происходили правосторонние смещения со скоростью 5-6 мм/год [Макаров, Абдрахматов, 2005].

По инструментальным данным эпицентр землетрясения находится в истоках рек Арамсу Западная и Арамсу Восточная, пространственно тяготея к взбросо-сдвигам субширотного простирания Южно-Арамсинскому и Кызылойскому (соответственно 7 и 8 на рис.. 13.). Вслед за основным толчком последовал афтершок с магнитудой $M=6,7$. Он расположен в юго-западном крыле Суусамыр-Толукского разлома. На этом же участке, но в северо-восточном крыле Суусамыр-Толукского разлома (р. Джалпаксуу) сейсморазрыв Суусамырского землетрясения вышел на поверхность. Он прослежен более чем на 6 км и представлен серией кулисно подставляющихся трещин, пересекающих не только морены и пролювиальные конуса, а затрагивает и скальные выходы. В кинематическом плане - это взброс, с незначительной (10-15 см) правосторонней подвижкой. Сместитель погружается к юго-западу под углом 30° [Богачкин и др., 1997; Su Zongzheng et al., 1996].

Второй сейсморазрыв возник в 25 км к востоку, на участке сочленения Восточно-Арамсинского и Айгырджальского разломов (соответственно 9 и 10 на рис.13) и состоит из серии трещин общей протяженностью до 4 км. Наиболее яркий сегмент этого сейсморазрыва находится в пойме р. Суусамыр, в районе 162 км дороги Бишкек – Ош. Как и в первом случае, это правый взбросо-сдвиг. Максимальная вертикальная подвижка составляла 2,7

м, горизонтальное смещение до 20-30 см [Богачкин и др., 1997; Ghose et al., 1997].

Ареал распространения вторичных нарушений земной поверхности охватывает территорию площадью более 4 000 км². Эти данные обобщены и приведены в виде изосейст [Корженков, 2006].

Изосейсты обычно представляют собой эллипс, длинная ось которого параллельна простиранию активного разлома. А.М. Корженков (2006), анализируя распространение изосейсты в 8 баллов, говорит о ее асимметрии и предполагает проградацию сейсмоактивного разлома к западу, что, казалось бы находит подтверждение во временной миграции афтершоков [Джанузаков и др., 1997]. Но нам импонирует несколько иная интерпретация полученных данных. По сути, имеется два изолированных очага (землетрясения) оконтуренных, изосейстами в 9 баллов. Одна из них широтная, простирается параллельно Айгырджальскому разлому. В эту

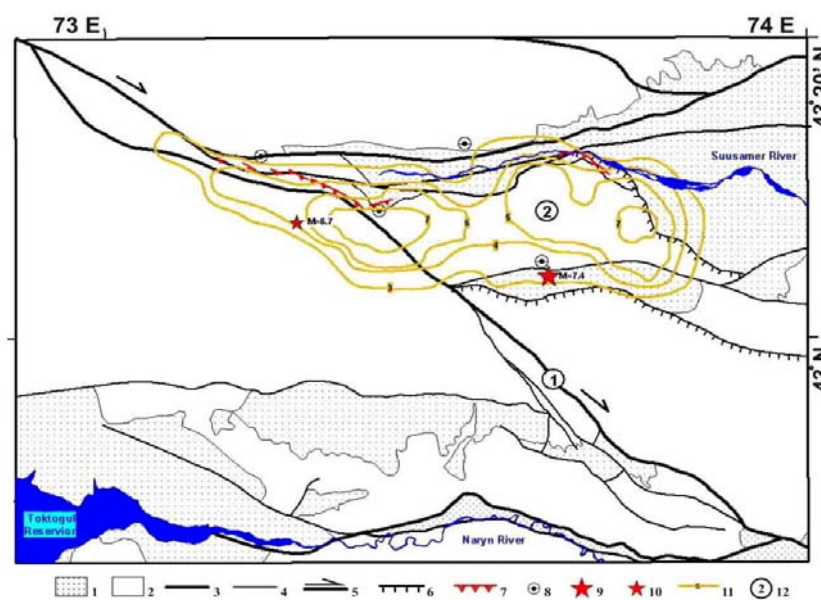


Рис.14 Сеймотектоническая схема Суусамырского землетрясения, по [Mikolaichuk, Kalmetyeva, 2008].

1.-дочетвертичные кайназойские отложения; 2.-палеозойское основание; 3.-основные разломы; 4.-второстепенные разломы; 5.-сдвиг; 6.-надвиг; 7.-разрывы на поверхности; 8.-грязевые вулканы; 9.-10. эпицентры: 9.- главного толчка; 10.- афтершока с $M=6,7$; 11.-изолинии плотности афтершоков; 12.-структурные единицы, упоминаемые в тексте.

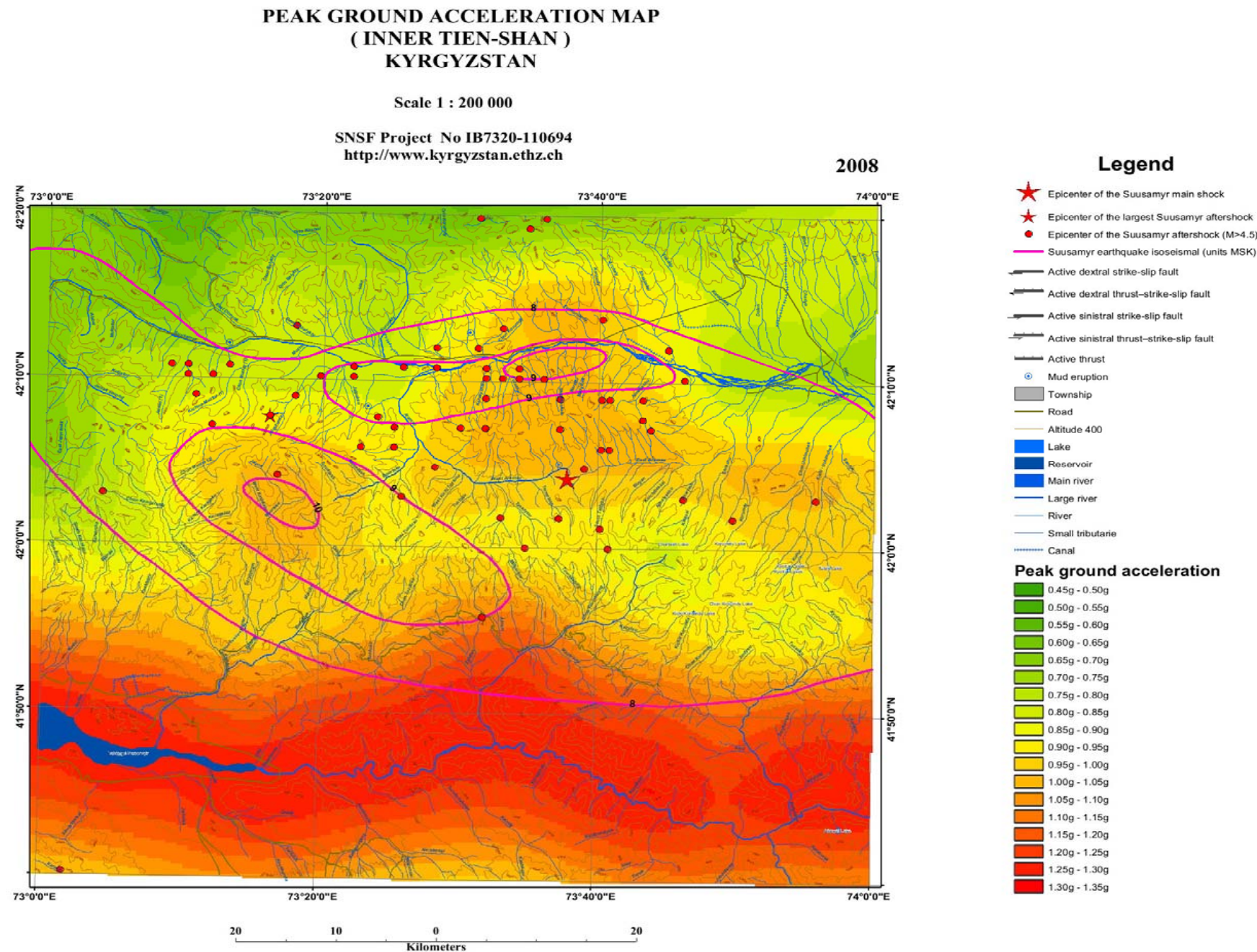
плейстосейсовую зону попадает восточный сейсморазрыв. Вторая плейстосейсовая зона простирается параллельно Суусамыр – Толукскому разлому, и именно к ней, по нашему мнению должен относиться западный сейсморазрыв р.Джалпаксуу. Принимая во внимание, что афтершок с $M=6,7$ незначительно отстает (через 1 час и 8 минут после основного толчка) от основного толчка, в случае Суусамырского землетрясения следует говорить о сопряженном двойном толчке, первый из которых привел к подвижке по субширотному разлому, а второй – по северо-западному. Поскольку обе системы разломов здесь являются правыми взбросо-сдвигами, сопряженный двойной толчок должен привести к вращению хребта (блока) Арамсу против часовой стрелки. Эта модель была предложена уже по результатам первичного обследования очаговой области Суусамырского землетрясения [Богачкин и др., 1997]. В подтверждение хочется добавить, что именно по периметру активизировавшегося Арамсинского блока проявились грязевые выбросы, а к его внутренней части приурочена максимальная плотность афтершоков (рис. 14).

Обобщение материалов по сейсмичности, палеосейсмологии и геологии района позволило составить карту сейсмической опасности, из которой вытекает, что Суусамырское землетрясение далеко не самое сильное из возможных для Арамсуйской сейсмогенерирующей зоны (см. рис. 15)

2.2.4. Чаткальское землетрясение 1946 года ($M=7,5$; $I_0 = 9-10$ баллов)

произошло в пределах Чаткало-Ферганской сейсмогенерирующей зоны [Турдукулов, 1996]. Последняя имеет в плане Г-образную форму, охватывая Ферганский и Атойнокский хребты северо-западного простирания и торцово сочленяющимся с ними Чаткальский хребет северо-восточного простирания.

Северо-западное направление данной сейсмогенерирующей зоны аномально для новейших структур Тянь-Шаня и полностью контролируется Таласо-Ферганским правосторонним сдвигом. Чаткальское землетрясение является наиболее сильным из известных в данном районе и приурочено к узлу сопряжения Таласо-Ферганского, Атойнокского и Западнокарасуйского разломов (соответственно 1, 2 и 3 на рис.16).



© Authors: A.G. Frolova & Z.A. Kalmetyeva
 Cartographic workers: A.V. Zubovich & D.V. Gordeev
 Editors: J.-P. Burg & A.V. Mikolaichuk
 Topographic map source: Topographical map of Scale 1 : 200 000. Sheets K-43-XIV, K-43-XX
 State Mapping-Geodetical Survey of Kyrgyz Republic. Printed in 1987.
 Map projection: Transverse Mercator WGS-84

Source: Bogachkin et al., 1997; Ghose et al, 1997; Januzakov K.J. (1992-2005); Kalmetyeva Z.A., Muraliev A.M.(1992-2005); Kondorskaya N.V., Ulomov V.I., 1995; Strom, 2000; Abdрахmatov et al., 2003; Strom et al., 2004; Korjenkov A. M., 2006 Strom A., Stěpančíková P., 2008 & present researchers

Рис. 15. Карта сейсмической опасности в терминах максимальных ускорений; по [Burg, Mikolaichuk, 2008].

В эпицентре сила землетрясения была не менее 9 баллов. Оно охватило весь Тянь-Шань и даже в сравнительно далеко отстоящем отсюда г. Ташкент повредило сотни зданий. В г. Наманган, расположенном вдвое ближе к эпицентру по сравнению с г. Ташкент, а также в г. Джамбул (Тараз), оно причинило несравненно меньше повреждений, что говорит о большем излучении сейсмической энергии по простиранию основных геологических структур и значительно меньшем излучении вкост простирания последних. В связи с этим изосейсты, построенные на фактическом материале, получили удлинение параллельно простиранию Чаткальского хребта [Горячев, 1954]. Плейстосейстовая область Чаткальского землетрясения (протяженность 80-100 км, средняя ширина 15 км) охватила южную часть Кетмень-Тюбинской впадины и примыкающий к ней участок у р. Нарын до впадения в нее р. Карасу (западная), район оз. Сары-Челек и Ат-Ойнокский массив.

Самые значительные обвалы скальных пород и срывы суглинков произошли на правом берегу р. Нарын. Данная река оказалась перегороженной обвалами, в результате чего нижняя часть Кетмень-Тюбинской впадины стала заполняться водой. Это угрожало затоплением пос. Токтогул. На участке Токтогул-Ташкумыр наблюдался срыв коренных пород протяженностью 30-50 м при глубине 10-15 м. Около пос. Карабашат произошло два срыва покровных суглинков. Их протяженность составляла 200 м, ширина 50-80 и глубина 15 м. Сорванный покров был перемещен по склону примерно на 100 м. Широкое развитие крупных остаточных деформаций земной поверхности были зафиксированы также в районе оз. Сары-Челек. На водоразделе между оз. Сары-Челек и долиной р. Афлатун (южный) возникли крупные (до 100 м длиной) трещины, простиравшиеся в юго-восточном направлении. На западном склоне водораздела рек Карасу и Ходжа-Ата образовался ряд крупных трещин, простирающихся на 200-300 м. Ширина отдельных провалов между трещинами достигла 15-20 м. Крупным обвалом, перегорившим р. Карасу (западная) в 3 км ниже оз. Карасу, образовано небольшое озеро. Другое озеро по р. Итокар образовалось также в результате завала шириной около 50 м. Наибольшее число крупных остаточных деформаций земной поверхности приурочено к зонам тектонических контактов. Простирание

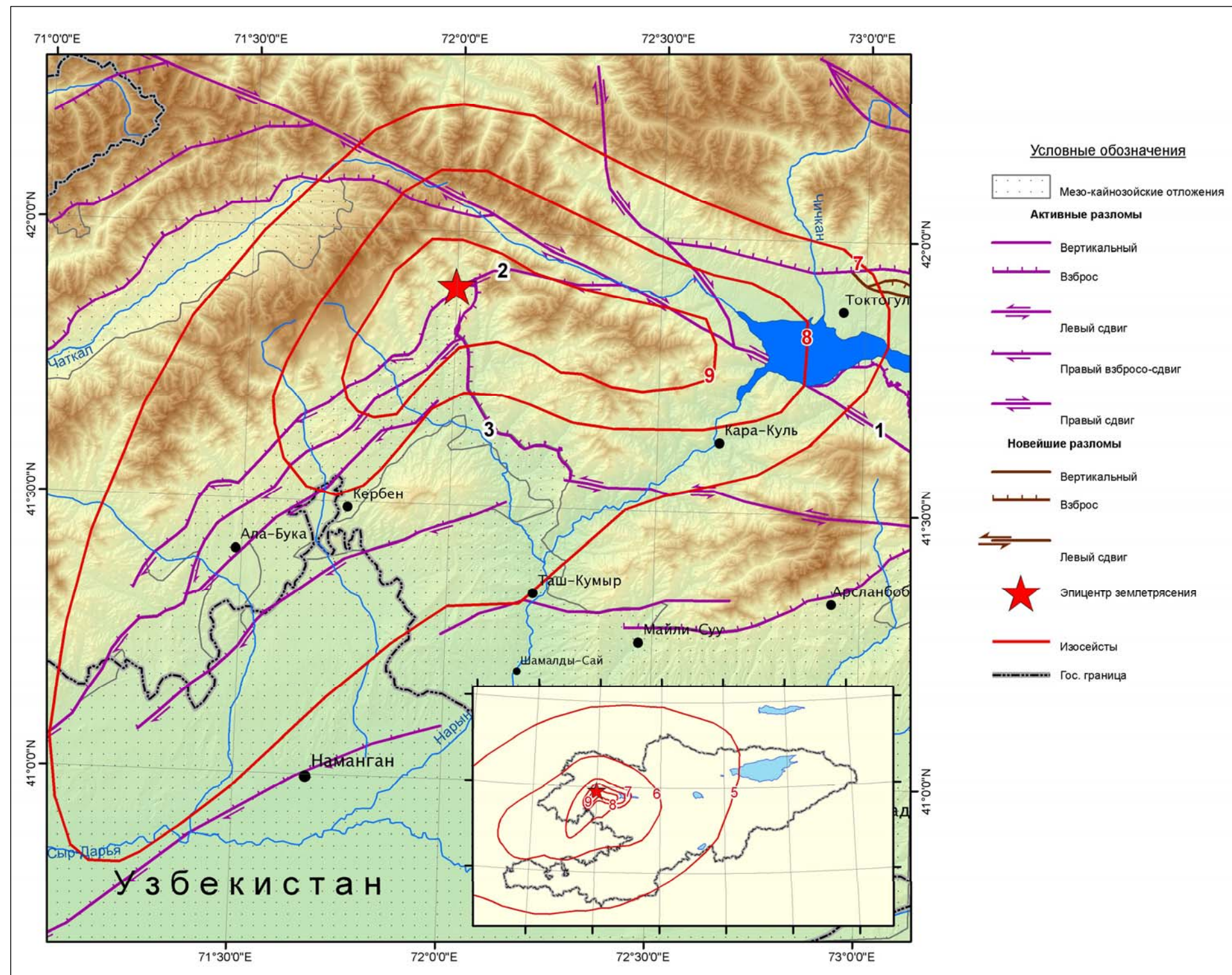


Рис. 16. Неотектоническая схема очаговой зоны Чаткальского землетрясения 1946 года ($M=7.5$, $I_0=9-10$ баллов)

трещин совпадает с направлением тектонических нарушений, лишь иногда они располагаются под углом к ним.

Почти все населенные пункты, расположенные в плейстоценовой зоне на площади 1500 км², были разрушены на 70-100%. Особенно сильно пострадали кишлаки в западной части плейстоценовой области, в верхнем течении р. Ходжа-Ата. В груды развалин были превращены кишлаки Шудугер, Кичитовар, Чонтовар, расположенные в юго-восточных предгорьях Чаткальского хребта. Большие разрушения имелись в с. Успеневке западнее хр. Бозбо-Тау. Наибольшие разрушения строений в юго-восточной части эпицентральной зоны произошли в населенных пунктах, расположенных на юге Кетмень-Тюбинской впадины и прилегающих к ней участках долины р. Нарын (до устья р. Токтобек-Сай). Находящиеся на правом берегу р. Нарын кишлаки: Томатере, Токтобек и Сарыкамьш (Верхний и Нижний) были разрушены полностью. В поселке Кетменьтубе из всех саманных, глинобитных и каркасных построек уцелело лишь два деревянных дома. [Чуроян, и др., 1949; Бутовская и др., 1948, 1961, 1964; Леонов, 1970; Джанузаков, 1964 – цитируется по Джанузаков и др., 2003].

К сожалению, мы не располагаем данными о количестве человеческих жертв во время Чаткальского землетрясения. Но картина тотального разрушения всей инфраструктуры поселков и дорог в пределах плейстоценовой области может дать некое представление о размере трагедии.

Только владея объективной информацией о последствиях разрушительных землетрясений, можно надеяться, что будут приняты адекватные меры по предотвращению последствий будущих землетрясений. И в этом плане данные по плейстоценовой области Чаткальского землетрясения также заслуживают пристального внимания. Исследованиями В.К. Кучай (1971) показано, что в контурах плейстоценовой области землетрясения 1946 года широко развиты позднеплейстоценовые и раннеголоценовые сейсмодислокации, при этом интенсивность верхнечетвертичного сейсмического воздействия была на 1-2 балла выше современной. К юго-востоку от плейстоценовой области, следующее вдоль Таласо-Ферганского разлома скопление крупных сейсмодислокаций установлено в районе оз. Карасу, а в промежутке между ними (в районе пер. Кокбель) значительные сейсмодислокации отсутствуют. Автор приходит к выводу, что за достаточно длительные периоды времени наиболее сильные землетрясения

повторяются в одних и тех же местах. Современными исследованиями [Strom, Abdrakhmatov, 2004] установлено, что описанная последовательность развития оползней и обвалов является закономерной для всего Тянь-Шаня. Упомянутые авторы называют это явление кластеризацией крупномасштабных склоновых смещений. В частности по Таласо-Ферганскому разлому такой кластер образован завалами озер Карасу и Капкаташ. Области повышенной концентрации крупных скальных оползней вблизи зоны Таласо-Ферганского разлома располагаются в низовьях р. Карасу-Восточная и в долинах ее левых притоков, в окрестностях оз. Сарычелек, в хребтах Акшийряк-Западный и Джамантау [Мамыров и др., 2009]. Напомним, что возраст рассмотренных сейсмодислокаций охватывает интервал времени ~ 50 тыс. лет, и далекий от сеймотектоники «контингент» весьма скептически воспринимает эти данные. Ведь в практической жизни нас интересуют перспективы ...на 20 лет, ну на 50 лет, максимум на 100 лет.

Действительно, существующие сегодня методы оценки повторяемости землетрясений базируются на сейсмостатистике и изучении следов землетрясений в зонах активных разломов. Разброс оценок колеблется от сотен до первых тысяч лет, что малопривлекательно для практического использования этих прогнозов. И все же, усилиями сеймотектонистов картируются территории, где в течении десятков тысяч лет отсутствовали крупные скальные обвалы, и этой информацией не следует пренебрегать.

Форма плейстоценовой области Чаткальского землетрясения подобна таковой для Суусамырского землетрясения. В последнем случае было показано, что Г-образный изгиб изосейст обусловлен подвижной по двум сопряженным разломам, обеспечивающим вращение (Арамсинского) блока против часовой стрелки (см. выше). Именно под таким углом зрения есть смысл проанализировать положение Чаткальского землетрясения и его позднеплейстоценовых предшественников в структуре Северо-Восточной Ферганы.

На рис. 5 приведены результаты интерпретации данных спутниковой геодезии, из которых вытекает логичное объяснение, почему крупномасштабные обвалы проявляются вдоль разлома дискретно. Ферганский блок по своей форме является эксцентриком, при вращении которого обязательно будут возникать локальные зоны сжатия и растяжения. Одной из таких зон сжатия, очевидно и является

северная «вершина» Ферганского блока в точке сочленения Таласо-Ферганского и Атойнокского разломов, где накапливающиеся тектонические напряжения периодически разряжаются в виде катастрофических землетрясений. В этой связи уместно вспомнить короткий комментарий к карте сейсмического районирования Кыргызстана 1977 года. Авторы отмечают, что в районе гор Бозбутау от Чаткало-Ферганской зоны к юго-западу ответвляется Северо-Ферганская зона, почти полностью лежащая в пределах Узбекистана [Джанузаков и др., 1977]. Другими словами, авторы карты не видели резких границ, разделяющих сейсмогенные зоны, а используемые названия скорее имеют административно-географическую привязку последних. В свете предложенной интерпретации, сейсмогенерирующие зоны Ферганы являются границами вращающегося блока и в кинематическом плане должны иметь одну природу.

2.2.5. Исфара-Баткенское землетрясение 1977 года (M=6.3; Io = 7-8 баллов)

Оно произошло в пределах Южно-Ферганской сейсмогенерирующей зоны, которая в морфо-структурном плане совпадает с северными предгорьями Туркестанского и Алайского хребтов.

31 января 1977 в 14 ч 26 мин (по Гринвичу) во многих населенных пунктах Узбекистана, Таджикистана и Кыргызстана ощущалось сильное землетрясение. Основному толчку предшествовал подземный гул. Многие заметили свечение над горизонтом, которое тяготело к вершинам и южным склонам гор Гузан. Жители Офтобруя и Даганы отмечали, что свечение двигалось с востока на запад. В эпицентральной области очевидцы свидетельствовали, что сначала они ощутили резкий вертикальный толчок, а затем такой же силы **горизонтальные рывки меридионального направления** (выделено нами). Зона максимальных сотрясений в 8 баллов прослеживается в виде узкой прерывистой полосы шириной 1-2 км, общей протяженностью около 20 км между реками Сох и Исфара. Больше всего пострадали поселки: Офтобруй, Кызыл-Пилал, Дагана, Базар-Баши, Кызыл-Бель и Карабак. Максимально поврежденными оказались стены построек и заборы, вытянутые в широтном и субширотном направлениях. В грунте возникли трещины шириной до 1 м (см. рис. 17). Полностью разрушились дома возведенные из «гуваляка». [Джанузаков и др., 2003; Касымов и др., 1981].

Очаговая область Исфара-Баткенского землетрясения, как трансграничная территория, обследовалась тремя

независимыми группами [Калмурзаев и др., 1977; Касымов и др., 1981; Мирзобаев и др., 1981], опубликовавшими карты изосейст, отличающиеся между собой по конфигурации. У нас сложилось впечатление, что окончательная рисовка изосейст приведенная упомянутыми авторами, обусловлена не только результатами наблюдений остаточных деформаций и сотрясаемости, но также априорными представлениями об



Рис.17. Нарушения в грунте на левобережье Пастарыка, пос. Офтобруй и обвал торцевой стены здания из сырцового кирпича в пос. Дагана; по [Касымов и др., 1981].

ориентировке очага землетрясения в структуре сейсмогенной зоны. Более того, на этих картах не показаны 7-ми и 8-ми балльные изосейсты. По этой причине мы сами провели изосейсты высшей балльности, воспользовавшись исходными данными, опубликованными в приведенных работах. Для этого мы оконтурили на карте населенные пункты, в которых согласно названным публикациям, наблюдались максимальные проявления (8 баллов), а также 7-ми балльные. Начиная с 6-ти балльной изосейсты мы использовали рисовку исследователей Института сейсмологии Кыргызстана [Джанузаков и др. 2003]. Полученные таким образом изосейсты выглядят весьма необычно (рис. 18.). Как правило, при сейсмическом событии каждая последующая изосейста, охватывая всё большую площадь, остается по форме подобной предыдущей. В нашем же случае, изосейста 7-8 баллов имеет четкое субширотное простирание, 7- балльная приобретает трапециевидную форму, тогда как длинная ось 6- балльной изосейсты уже вытянута в северо-западном направлении. Первая изосейста, эпицентр землетрясения, а также значительная часть афтершоков четко группируются вдоль Катранского (Северо-Катранского) разлома (3 на рис. 18, А), что послужило основанием принимать его за сейсмогенерирующий [Калмурзаев и др., 1977; Кнауф и др., 1985]. Вместе с тем, последующие изосейсты почти под прямым углом пересекают поднятия и впадины зоны предгорий.

Может не в столь яркой форме, но дискордантность изосейст Исфара-Баткенского землетрясения по отношению к новейшей структуре района была установлена кыргызскими сейсмологами уже на предварительном этапе исследований [Калмурзаев и др., 1977], и данный феномен изучался в течение ряда лет.

По результатам геолого-геофизических исследований выяснилось, что на структуру очаговой зоны данного землетрясения определяющее влияние оказали вещественные комплексы палеозойского фундамента [Кнауф и др., 1985; Кальметьева, Лесик, 1983; Калмурзаев (ред), 1984]. Здесь наблюдается сложное сочетание комплексов гранито-гнейсового состава и аккреционного комплекса (пакета тектонических пластин с тектоническими линзами габброидов и гипербазитов). Этот ансамбль сформировался в следствии герцинской орогении, завершившейся 270-300 млн. лет тому. Соответственно мезозой-кайнозойский чехол, залегающий выше с резким угловым несогласием, открывает новую страницу в истории развития данного

региона, не имеющую ничего общего с предшествующим этапом (см рис. 18.А и Б). И тем не менее, неоднородности палеозойского фундамента обеспечили анизотропию сейсмоактивного слоя, которая проявилась в направленности излучения сейсмической энергии во время Исфара-Баткенского землетрясения и, тем самым, обусловила изменение ориентировки изосейст [Кнауф и др., 1985].

Обращает на себя внимание еще один факт. Глубина афтершоков, будучи максимальной около Катранского разлома, постепенно уменьшается в северном направлении. Такую же ориентировку имеет одна из нодальных плоскостей очага землетрясения. Подвижка определяется как надвиговая, со значительной сдвиговой компонентой [Абрамова, Лопатина, 1981]. Уместно вспомнить, что местные жители, оказавшиеся в эпицентральной области, сначала ощутили резкий вертикальный толчок, а затем такой же силы горизонтальные рывки меридионального направления [Касымов и др., 1981]. И если вертикальный толчок однозначно увязывается с подвижкой по Катранскому разлому, то надвиговая подвижка в меридиональном направлении, скорее всего, обусловлена активизацией палеозойских разломов, по которым пластичные тектонические линзы базит-гипербазитового состава были надвинуты на гранито-гнейсовые образования Срединного Тянь-Шаня. Таким образом, пример Исфара-Баткенского землетрясения показывает, что активные разломы могут быть и «слепыми», не выходящими на поверхность. А это значит, что подобные активные разломы никогда не будут учтены и оценены, если сеймотектоническое районирование ограничивается лишь изучением поверхностных структур.

2.2..6. Нуринское землетрясение 2008 года ($M=6.6$; $I_0 = 8$ баллов)

5 октября 2008 года в 15 часов 52 минут по Гринвичскому времени в восточном сегменте Алайской долины (Кыргызстан) произошло сильное землетрясение. Сотрясениями была охвачена обширная территория, включающая Ошскую, Баткенскую, Джалал-Абадскую, Нарынскую области Кыргызстана и приграничные районы Узбекистана, Таджикистана и Китая. Полностью разрушен поселок Нура, погибло 74 человека. Дома, построенные из кирпича-сырца разрушены полностью (152 строения), щитовые деревянные дома повреждены незначительно. В

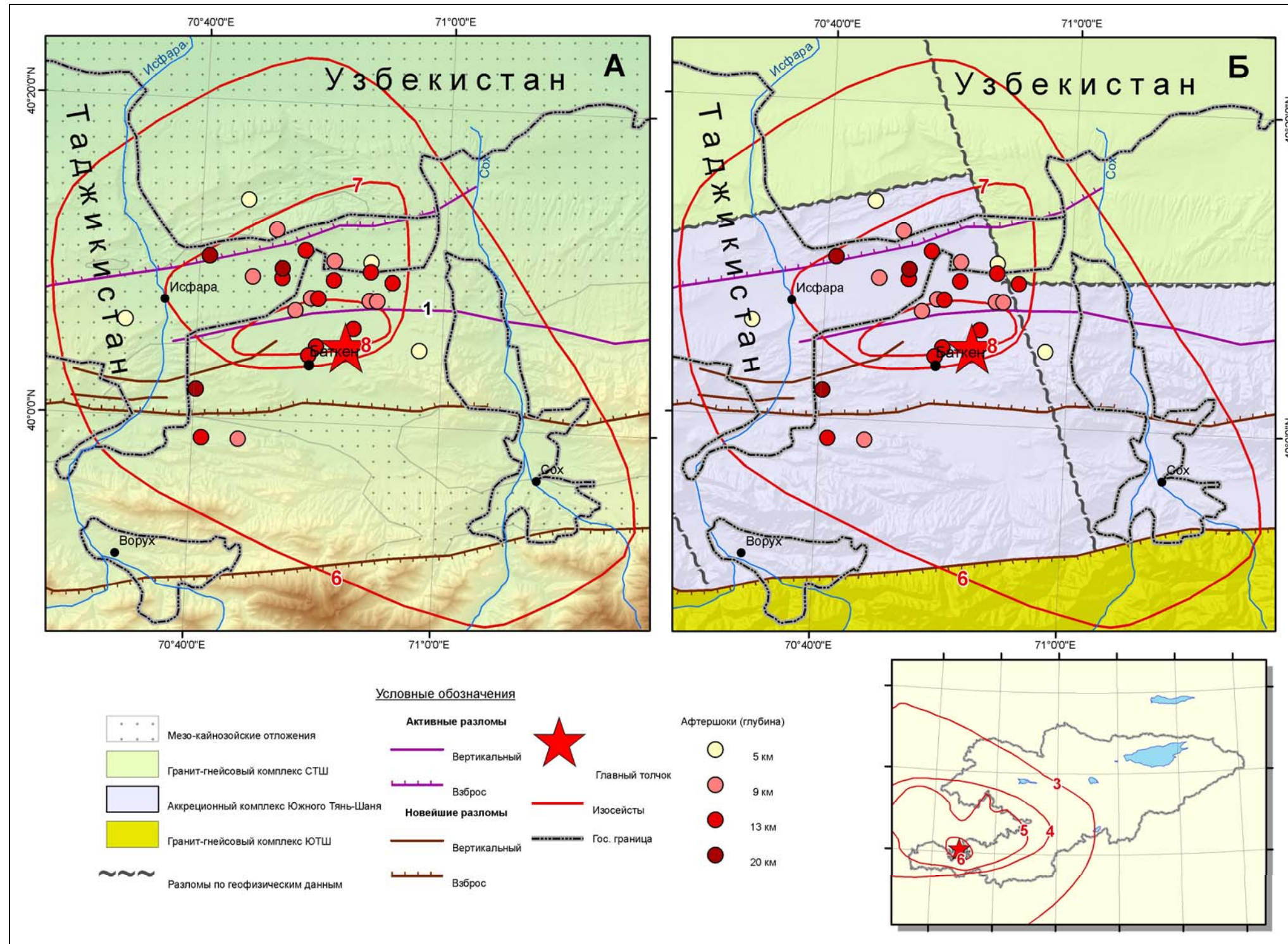


Рис. 18 . Неотектоническая схема (А) и схема палеозойского фундамента (Б) очаговой области Исфара-Баткенского землетрясения 1977 года ($M=6.3$, $I_0=7-8$ баллов)

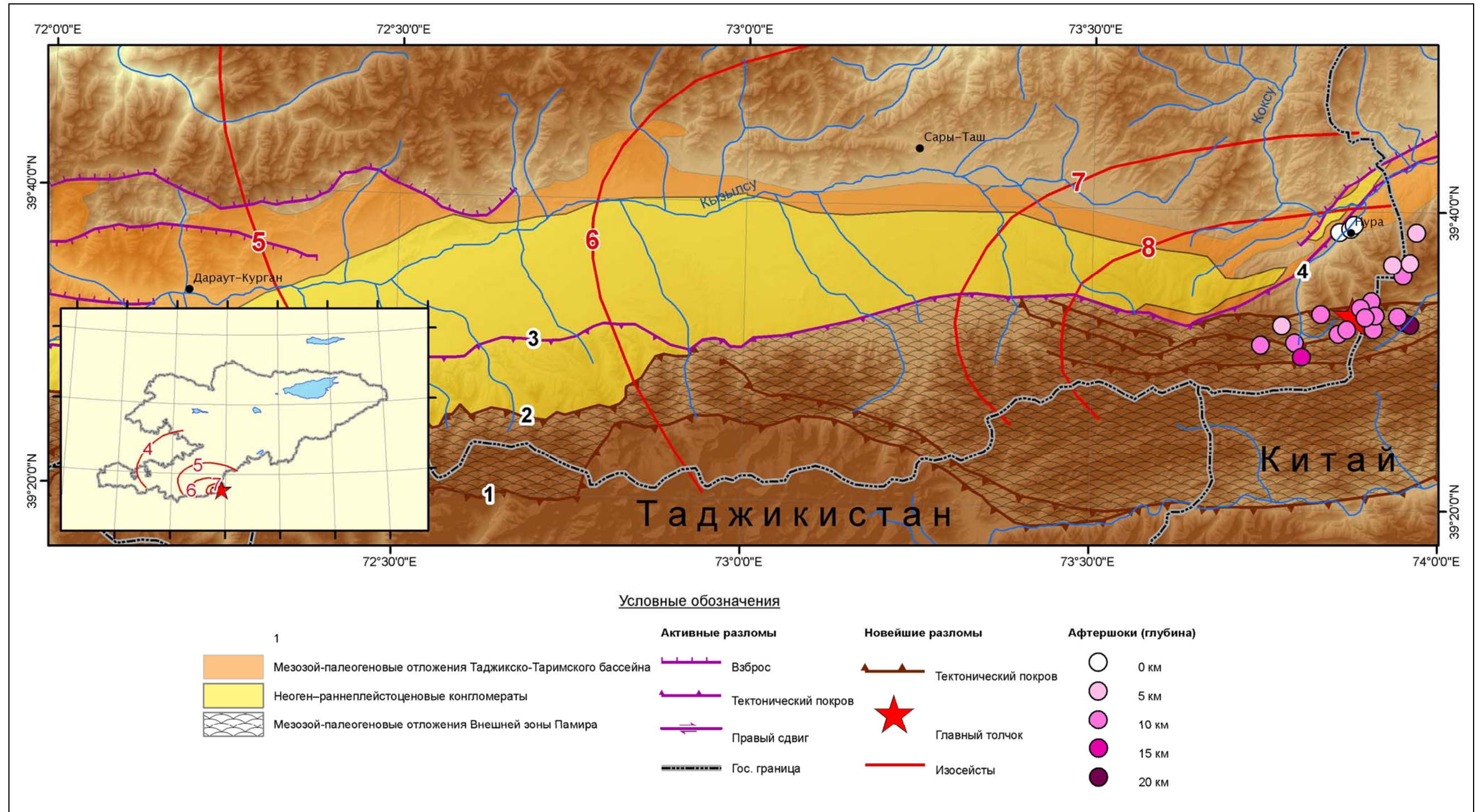


Рис. 19. Неотектоническая схема очаговой области Нуринского землетрясения 2008 года (M=6.6, Io=8 баллов)

здании больницы, построенного из жженого кирпича, образовались сквозные трещины, поврежден железобетонный мост через реку Нура. На асфальтовой дороге южнее и севернее моста образовались серии трещин шириной до 5 см, сопровождающиеся образованием складки «застывшей волны деформации» (рис. 22) и повторяемостью около 90 м, а между ними наблюдались сравнительно мелкие трещины шириной до 1 см и повторяемостью через 30 м [Абдрахматов и др., 2008].

Нуринское землетрясение произошло при перемещении Заалайского хребта по надвигу на Алайскую впадину вследствие северо-северо-западных сжимающих напряжений, обусловленных движением Индийской плиты на север со скоростью ~35 мм в год относительно Евразийской плиты [Зубович и др., 2007]. Основными морфоструктурными элементами данного региона являются Алайская впадина и обрамляющие ее Алайский и Заалайский хребты.

Алайский хребет представлен палеозойскими отложениями Южного Тянь-Шаня, по южному склону которого с несогласием залегают мел-палеогеновые осадочные породы Таджикского моря и сопряженные с ними континентальные отложения [Burtman, 2000]. Южная часть рассматриваемого района ограничена приводораздельной частью и южными склонами Заалайского хребта. Здесь получили развитие палеозойские комплексы Северного Памира, переместившиеся по Каракульскому надвигу (1 на рис. 19) на север не менее чем на 300 км, тектонически перекрыв южные зоны мел-палеогенового Таджикского бассейна [Burtman, 2000; Трифонов, 1999; Strecker et al., 2003]. В результате перемещения Памира во фронтальной части Каракульского надвига сформировалась Внешняя зона Памира, представленная каскадом тектонических покровов, сложенных юрскими, меловыми и палеогеновыми отложениями, смятых в ассиметричные и опрокинутые складки [Трифонов, 1999]. Северной границей Внешней зоны Памира является Вахш-Заалайский надвиг (2 на рис. 19), по которому каскад тектонических покровов перекрыл относительно недеформированные отложения мел-палеогенового разреза днища Алайской впадины [Burtman, 2000; Трифонов, 1999; Никонов и др., 1983]. Впадина выполнена неоген-раннеплейстоценовыми конгломератами, с несогласием залегающими на ее мел-палеогеновом днище. В среднем и позднем плейстоцене неоген-раннеплейстоценовые конгломераты вдоль северного склона Заалайского хребта также вовлекаются в поднятия, образуя

новую серию покровов. Это самые молодые надвиги (3 на рис. 19), по сути, являющиеся дальнейшим развитием каскада покровов Внешней зоны Памира [Трифонов, 1999; Strecker et al., 2003].

Как свидетельствуют остаточные деформации плейстоценовых областей сильных землетрясений, эти надвиговые разломы активизированы и на современном этапе, обуславливая сейсмичность данного региона [Никонов и др., 1983]. По частоте, плотности и силе землетрясений сейсмоактивная зона сочленения Памира с Тянь-Шанем является одной из крупнейших в мире (рис. 3) [Никонов и др., 1983]. Интенсивность землетрясений может достигать $I_0 \geq 9$, а максимально возможная магнитуда $M \geq 7,5$. Ширина сейсмоактивной зоны составляет 30 км. В нее укладываются все плейстоценовые области наиболее сильных событий [Бунэ, Горшков (ред.), 1980; Турдукулов, 1996]. Здесь чаще, чем в других сейсмоактивных районах Центральной Азии происходят землетрясения магнитудой $M \geq 6$: Хаитское $M=7,4$ 1949 года, Маркансуйское $M=7,3$ 1974 года, Дараут-Курганское $M=6,8$ 1978 года, Алайское $M=6,1$ 1983 года. Для землетрясений с $M < 6$ подавляющее большинство подвижек также составляют надвиги и сдвиги [Кучай, Бушенкова, 2008; 2009; Кальметьева, 2005; 2006].

Во время Нуринского землетрясения в районе Алайской долины находилось несколько временных станций Центра исследования Земли Германии [GFZ], оснащенных цифровой широкополосной аппаратурой с GPS привязкой по времени. Это позволило достаточно надежно определить местоположение и глубины залегания гипоцентров основного толчка и афтершоков [Зубович и др., 2009]. Гипоцентр основного толчка располагается на глубине 10 км в месте наибольшего скопления афтершоков, образовавших полосу восток-северо-восточного простирания шириной 15-20 км.

Вдоль этой полосы маркируется несколько разломов, которые с юга на север омолаживаются. Разрушенный землетрясением поселок Нура расположен у выхода на поверхность самого северного и молодого из данной серии - Иркештамского надвига. Вблизи него произошло несколько неглубоких афтершоков. Гипоцентры остальных афтершоков смещены на юг, причем, чем южнее событие, тем оно глубже. Наблюдается явная приуроченность афтершоковой активности к разломной зоне, наклонно погружающейся к юго-юго-востоку до глубины не менее 15-20 км. Исходя из глубины главного толчка и удаленности его от линии Иркештамского надвига можно судить об угле наклона

данной зоны, равном $\sim 45^\circ$. Это значение угла наклона подтверждается решением механизма очага для главного толчка, определенного в Центре Данных Геологической службы США (www.neic.cr.usgs.gov).

Важным источником информации о современной геодинамике региона являются данные GPS (спутниковая геодезия). По данным наблюдений научной станцией (НС РАН) и Сейсмологического бюро Синьцзян-Уйгурского автономного района были рассчитаны векторы скоростей деформаций [Abdrakhmatov et al., 1996; Зубович и др., 2004] (рис. 20).

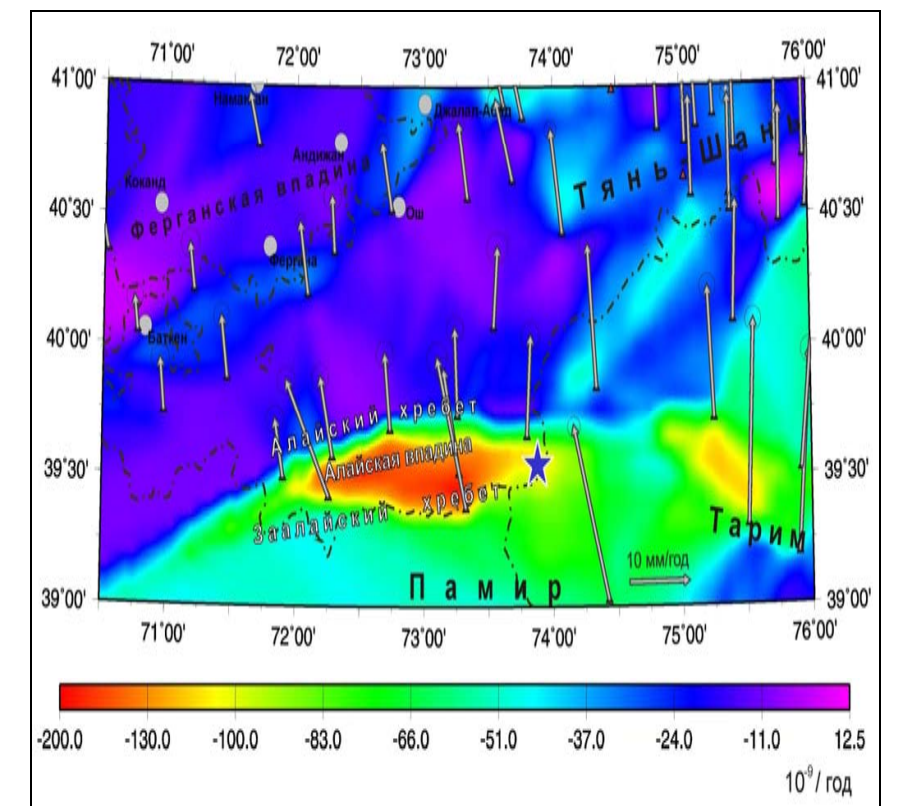


Рис. 20. Поле векторов скоростей (стрелки) и скорости (в цвете) деформации. Синяя звездочка – эпицентр Нуринского землетрясения.

Результаты указывают на существенную скорость сближения Памира и Тянь-Шаня, не менее 7 мм/год. На этом же рисунке представлено и поле скорости деформации, которое, в отличие от векторов, не зависит от системы отсчета и лучше прорисовывает детали. Одна из зон повышенных деформаций протянулась вдоль границы Памира с Тянь-

Шанем, но, как видно на рисунке 20, главный толчок Нурина землетрясения произошел вне деформационной зоны, на ее восточном фланге. Вероятнее всего, это не случайность. Данные GPS наблюдений позволяют обнаружить медленные, криповые движения, которые другими, не геодезическими методами не фиксируются. Выявленная зона повышенных деформаций на фронтальном

участке Памирского выступа отражает, по-видимому, криповые движения при надвигании Памира на Алай, что должно приводить к постоянной разрядке напряжений на этом участке. На флангах зоны таких движений нет, поэтому сброса упругой энергии не происходило, и это, в свою очередь, создавало условия для подготовки землетрясения. Разрядка произошла 5 октября 2008 года вблизи горного

селения Нура при достижении уровнем напряжений предела прочности пород. Поселок Нура был полностью разрушен (рис. 21). Остались стоять лишь новое здание школы (в левой части рисунка) и несколько щитовых домов, получивших незначительные повреждения. В почве возникли трещины (рис. 22).



Рис. 21.Поселок Нура после землетрясения.



Рис. 22. Трещины (вверху) и «волны деформации» (внизу), образовавшиеся в пределах поселка Нура и его окрестностях в радиусе 2-3 км. (Фото Мелешко А.В.).

3. Инструментальные наблюдения.

«Изучение только сильных землетрясений... не в состоянии выявить непреложные законы сейсмических явлений подобно тому, как исключительное изучение ураганов не привело бы метеорологию к познанию законов, управляющих сложными явлениями атмосферы»

[И.В.Мушкетов, 1899]

3.1. История развития инструментальных наблюдений.

Еще до советской власти на территории Средней Азии и Казахстана начались инструментальные сейсмологические наблюдения в городах Ташкенте и Верном (Алма-Ате). В годы становления советской власти разворачивалось бурное строительство в республиках Средней Азии. Здесь по существу создавались новые города и промышленные объекты. Задача изучения сейсмичности региона приобретала громадное практическое значение. В 1927 году директор вновь организованного Сейсмологического Института АН СССР Никифоров П.М. создал простой в обращении и устойчивый в работе прибор специально для записи региональных землетрясений. В этом же году такие приборы устанавливаются в городах Алма-Ата и Фрунзе в связи со строительством Туркестано-Сибирской железной дороги. Они явились первыми региональными сейсмическими станциями в СССР. В 1929-1939 открываются еще пять станций (Андижан, Душанбе, Чимкент, Самарканд и Семипалатинск). В 1951 в Средней Азии работает уже 24 станции. Четыре из них - на территории Кыргызстана (Фрунзе, Нарын, Пржевальск и Рыбачье).

В 1928-1930 г.г. в Среднюю Азию направляется студентка Ленинградского Университета и одновременно практикантка Сейсмологического Института АН СССР Розова Евдокия Александровна для обработки и обобщения материалов наблюдений Среднеазиатской сети. До конца своей жизни Евдокия Александровна будет связана со Средней Азией. В 1930-1935 – учеба в аспирантуре и защита кандидатской диссертации, посвященной вопросам скоростного строения земной коры Средней Азии и разработке методов определения основных параметров землетрясений. Затем дальнейшая работа по анализу материалов наблюдений в Средней Азии и защита докторской диссертации, а в 1952 Президиум АН СССР

направляет ее в Киргизию для организации здесь Отдела сейсмологии.



1956г. Е.А.Розова с сотрудниками Отдела Сейсмологии: слева – направо: Джанузаков К.Д., Трубенко П., Розова Е.А. и Курманалиева Г.

Приходилось начинать работу с нуля. Розова составляет осредненный годограф (график зависимости времени пробега сейсмической волны от расстояния до эпицентра землетрясения) региона, создает «метод засечек» для массового определения эпицентров землетрясений (1936) и занимается исследованием сейсмичности (1957). Годограф Розовой до настоящего времени не потерял своей актуальности. Но сеть станций была тогда настолько редкой, что первоначально она считала, что очаги землетрясений региона могут достигать глубин 400 км. В будущем дальнейшее уплотнение сетей наблюдений покажет, что они располагаются преимущественно в верхней половине земной коры и лишь на Памире они уходят под земную кору (60-80 км), достигая под Гиндукушем глубин 300 км. Это сейчас, при современном развитии сейсмологии пришло понимание, что точность определения глубины очага составляет примерно половину расстояния между пунктами наблюдений.

Сильные землетрясения 1946 (Чаткальское, $M=7.5$, $I_0=9-10$ баллов) и 1948 годов (Ашхабадское, $M=7.3$, $I_0=9-10$ баллов) показали серьезные недочеты в сейсмической службе СССР – слабость методики сейсмического

районирования (за год до этого события Ашхабад был переведен из 8-ми балльной зоны в 7-ми балльную), отсутствие надлежащей аппаратуры для записи в ближней зоне (во время Ашхабадского землетрясения на всех сейсмических станциях Средней Азии приборы вышли из строя, а на ближайших станциях Андижан и Самарканд оборвались нити подвесок гальванометров), отсутствие службы срочного оповещения о разрушительных землетрясениях (о возникновении этого страшного события оповестили не сейсмологи).

Для общего руководства и координации исследований в области сейсмологии в 1949 году создается Совет по Сейсмологии при Президиуме АН СССР. Определяются два главных направления исследований – изучение сейсмичности и поиски предвестников сильных землетрясений (сейсмологических, а также геофизических – атмосферных электрических токов, вариаций электромагнитного поля Земли, силы тяжести, наклонов земной поверхности). Для решения поставленных задач начинается создание сети станций - общей сети ЕССН (Единая Сеть Сейсмических Наблюдений СССР) для изучения сейсмичности территории СССР и земного шара, а также организация региональных сетей для исследования сейсмоактивных регионов. Станции Фрунзе, Нарын и Пржевальск были включены в сеть ЕССН, на них были дополнительно установлены широкополосные сейсмографы Кирноса. Данные этих станций обрабатывались, составлялись бюллетени, которые направлялись в Москву. Региональные станции оснащаются узкополосными приборами ВЭГИК и Харина. На территории Кыргызстана дополнительно открывается станция Арал (1960), а станция Рыбачье переносится в Каджи-Сай (1961).

Одновременно с этим, для решения прогнозных задач Институт Физики Земли АН СССР создает специальную Комплексную Сейсмологическую Экспедицию (КСЭ), которая приступает к детальным наблюдениям на Гармском полигоне в Таджикистане. Первые годы работы экспедиции носили методический характер. Были выполнены десятки тысяч замеров параметров сейсмических волн, был разработан способ палеток изохрон (Ризниченко Ю.В.) для массового определения эпицентров землетрясений, была составлена номограмма для определения энергетического класса землетрясения (Раутиан Т.Г.), была осознана необходимость стандартизации аппаратуры. Итогом этой работы явилась книга «Методы детального изучения сейсмичности» [Бунэ и др., 1960], которая стала

методическим руководством для организации и функционирования локальных сетей. По такому типу затем организовываются локальные сети, которые в зависимости от текущих задач размещаются на небольших территориях для оценки сейсмической опасности площадей, предназначенных для строительства гражданских и промышленных сооружений или для исследования афтершоковых зон сильных землетрясений. На территории Кыргызстана такие работы сначала проводятся совместно с КСЭ. Это Нарынские отряды по изучению сейсмичности бассейна реки Нарын [Нерсесов и др., 1960]. Инициатором создания локальной, передвижной сети в Кыргызстане становится Валерий Петрович Грин, прошедший хорошую школу на Гармском полигоне. Начиная с 1960-х годов, организованная им локальная сеть, проводит детальные сейсмологические исследования в разных частях территории Кыргызстана – Кировский, Папанский, Чуйский и Сарыкамьшский отряды. Установкой и запуском сейсмических станций занимается Ильясов Б.И. и Коссобудский. Кроме решения чисто прикладных задач для территории, где размещалась локальная сеть, работа экспедиций способствовала детальному изучению сейсмичности всей территории Кыргызстана. Региональная сеть оставалась слишком редкой вплоть до 70-х годов и расстановка локальных сетей значительно повышала точность и полноту каталога землетрясений по всей территории Кыргызстана. К локальным сетям можно отнести также цифровые станции KNET Консорциума Университетов США. Эта сеть была установлена в 1991 году и продолжает работать по сей день.

Точность определения эпицентров землетрясений изменялась вместе с изменением плотности сетей наблюдений. До 1957 года землетрясения Средней Азии по классу точности разделялись на две группы – класс «А» с точностью определения эпицентра ≤ 25 км и класс «Б» с точностью ≤ 50 км. В пределах площадей, где располагались локальные сети наблюдений, все землетрясения по точности определения координат и глубины залегания очага подразделялись на классы «а», «б», «в» и «неклассные» на время функционирования этих сетей:

«а» – ошибка определения координат эпицентра не превышает ± 3 км;

«б» – ошибка определения координат эпицентра не превышает ± 5 км;

«в» – ошибка определения координат эпицентра не превышает ± 7 км;



Ильясов Б.И., 1965 год. Начинаются работы по установке сейсмических станций Папанского отряда.

«неклассные» - ошибка определения координат эпицентра не превышает ± 10 км. К ним также относились землетрясения, для которых по тем или иным причинам невозможно было определить глубину очага. [Ильясов и др. 1980].

Координаты эпицентров землетрясений, происходивших вне наблюдений этих отрядов, по-прежнему определялись с точностью «А» или «Б».

В 1969 году по инициативе и под руководством ученика Е.А.Розовой Кенеша Джанузаковича Джанузакова в Кыргызстане начинается создание собственной региональной сети. Установку и запуск аппаратуры на всех станциях выполнял Петр Андреевич Скуиньш, заведующий сейсмической станцией «Фрунзе». Джанузаков К.Д. и Скуиньш П.А. тщательно продумывают конфигурацию сети, которая позволяла бы решать основные задачи сейсмологии – изучение общей сейсмичности территории и изучение скоростного строения среды. Для решения первой задачи необходимо равномерное распределение станций по всей территории, а для решения второй задачи нужны длинные профили. На схеме расположения станций (см. рис. 23 и Приложение 4) видно, что, несмотря на горный рельеф,

задача расстановки станций была решена наилучшим образом. К началу 80-х годов создание региональной сети сейсмических наблюдений в Кыргызстане было в основном завершено. На всех станциях установлена стандартная аппаратура Кирноса с одинаковой амплитудно-частотной характеристикой – СКМ-3 (Сейсмограф Кирноса Модернизированный с полосой пропускания колебаний с периодом 0,3-1,25 сек и увеличением 20 000) и СКД

Таблица 2

Локальные сейсмологические сети, работавшие на территории Кыргызстана

Наименование	Сроки работ	Местоположение
Нарынский отряд 1-я стоянка *	1957-1958	40,5 °-42,5 ° и 72,0 °-74,5 °
3-я стоянка	1962-63	40,5 °-42,5 ° и 72,0 °-73,3 °
4-я стоянка	1964-68	41,2 °-42,0 ° и 71,2 °-74,0 °
Кировский отряд	1964-1965	42,4 °-42,9 ° и 70,9 °-72,3 °
Раватский и Сохский отряды **	1964-1966	40,0°-41,4 ° и 70,5 °-73,5 °
Папанский отряд	1965-67	39,5 °-42,5 ° и 71,6 °-73,5 °
Чуйский отряд	1967-76	42,3 °-43,3 ° и 72,5 °-76,0 °
Сары-Камышский отряд	1970-72	42,3 °-43,0 ° и 78,2 °-79,0 °
Токтогульская сеть ***	С 1978	41,9 ° и 72,8 °
KNET	С 1991	42,0 °-43,3 ° и 73,6 °-76,3 °

*- 2-я стоянка располагалась на территории Таджикистана. В обработке землетрясений Кыргызстана ее данные не использовались.

** - отряды Узбекского Института сейсмологии, данные которых частично использовались в обработке землетрясений Кыргызстана.

*** - Токтогульская сеть работала в районе Токтогульской ГЭС и состояла из 6 аналоговых станций американского производства и 4-х станций советского производства.



Скуиньш П.А., 1969 г.

(Сейсмограф Кирноса Длиннопериодный с полосой пропускания колебаний с периодом 0,3-20,0 сек и увеличением 1000). Создание региональной сети позволило регистрировать без пропусков землетрясения с $K \geq 8$ ($M \geq 2,2$) по всей территории Кыргызстана.

С развалом Советского Союза начинаются первые болезненные годы перестройки, разрушающие сложившиеся структуры, привычные связи, в том числе и в сейсмологии. В Кыргызстане из-за недостаточного финансирования было закрыто 10 станций. Но вместе с перестройкой пришли перемены и другого характера. К 1990 году все станции ЕССН были оснащены аналоговыми приборами отечественного производства. Вместе с тем в мире уже в 1970-е годы проводятся испытания приборов нового поколения, с цифровой регистрацией. К концу 70-х создается первая мировая сеть цифровых станций. Одна из станций этой сети по Соглашению с Кыргызстаном в 1990 году была установлена в штольне геофизической обсерватории «Ала-Арча» Института Сейсмологии АН Кирг.ССР. Затем эта станция вошла в Международную Систему Мониторинга для распознавания ядерных взрывов в рамках Организации по Договору о Всеобъемлющем Запрещении Ядерных

испытаний (ОДВЗЯИ). В 1991 году по трехстороннему Соглашению между Консорциумом Университетов США, Россией и Кыргызстаном на территории Северного Тянь-Шаня организуется локальная сеть цифровых сейсмических станций (KNET). Материалы наблюдений этих станций используются Институтом сейсмологии совместно с данными аналоговых для составления каталога землетрясений, что значительно повышает точность определения эпицентров. В 2007 Норвегия как страна-участница ОДВЗЯИ предложила Киргизскому Институту сейсмологии в порядке безвозмездной помощи оснастить 10 станций приборами типа GURALP с цифровой регистрацией.

Сейсмология не знает государственных границ. Тесное сотрудничество Институтов сейсмологии Центральной Азии в советское время, как бы, определялось принадлежностью единому государству. Теперь же, находясь в разных государствах, мы по-прежнему работаем в тесном контакте, так как это помогает нам с большей точностью определять параметры землетрясений на своей территории. Создание в Бишкеке в 2004 г. по соглашению между Германией и Кыргызстаном Центрально-Азиатского Института прикладных Исследований Земли (ЦАИИЗ) дает новую возможность для сотрудничества на территории Центральной Азии. В 2008 по инициативе Германской Организации по Международному Развитию Потенциала (InWent) в тесном сотрудничестве с Германским Центром Исследований Земли (GFZ) и ЦАИИЗом и при финансовой поддержке Министерства Иностранных Дел Германии начинается создание Центрально-Азиатской сети сейсмического мониторинга в рамках проекта «Трансграничное предотвращение стихийных бедствий в Центральной Азии». Английская аббревиатура названия этой сети – CAREMON (Central Asian Real-Time Earthquake Monitoring Network). В каждом из государств Центральной Азии (Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Узбекистан и Туркмения) установлены широкополосные цифровые станции типа GURALP, данные которых в режиме реального времени по спутниковым каналам связи будут поступать в центральный пункт сбора с последующей их передачей всем участникам проекта. Кроме того, в каждом из государств будет установлено программное обеспечение (SeisComp-3), которое представляет собой новую технологию по быстрому обмену данными и определению эпицентра и магнитуды землетрясения. В 2008-2009 годах ЦАИИЗ установил на территории Кыргызстана вдоль границы с Китаем три собственные сейсмические станции, оснащенные

современной широкополосной аппаратурой (STS-2) с цифровой регистрацией и передачей данных в Бишкек по спутниковому каналу в режиме реального времени (см. рис. 23 и Приложение 4).

Таким образом, в 2008 году открылась новая страница инструментальных сейсмологических наблюдений в Центральной Азии.

3.2. Основные закономерности сейсмичности

Главной практической задачей сейсмологии является оценка сейсмической опасности. Долгосрочным прогнозом разрушительных землетрясений служат карты сейсмического районирования. На них показываются участки территории, где могут возникать очаги разрушительных землетрясений. При этом указывается, какой максимальной интенсивности они могут достигать и как часто они могут повторяться.

Первые карты сейсмического районирования территории Средней Азии были составлены геологами еще в конце XIX века и, естественно, в них главным образом учитывались тектоника района и данные по размещению очагов прошлых разрушительных землетрясений. По мере развития инструментальных наблюдений и накопления данных о землетрясениях создавались новые карты (карты 1933, 1935, 1946, 1951, 1955, 1957). При их создании главным образом учитывались сейсмостатистические данные, из-за чего на каждой новой карте увеличивались площади опасных землетрясений. Постепенно в результате бурных дискуссий создается новый подход к составлению карт. Идея нового комплексного подхода к сейсмическому районированию территории Кыргызстана была воплощена в практику при создании карты детального сейсмического районирования Чуйской впадины [Грин и др., 1975; Грин и др., 1980]. Этот подход затем получил развитие [Калмурзаев (ред.), 1984] и применялся при составлении карт детального сейсмического районирования территории Восточной Киргизии [Кнауф (ред.), 1988], Иссык-Кульской впадины [Абдрахматов (ред.), 1993] и общей карты сейсмического районирования Республики [Калмурзаев (ред.), 1977]. На фотографии запечатлены исследователи, которым принадлежала ведущая роль.

На рис. 24 показана последняя нормативная Карта сейсмического районирования Кыргызской Республики [Турдукулов (ред.), 1996]. При ее составлении были учтены данные о землетрясениях за 20 лет, которые произошли со

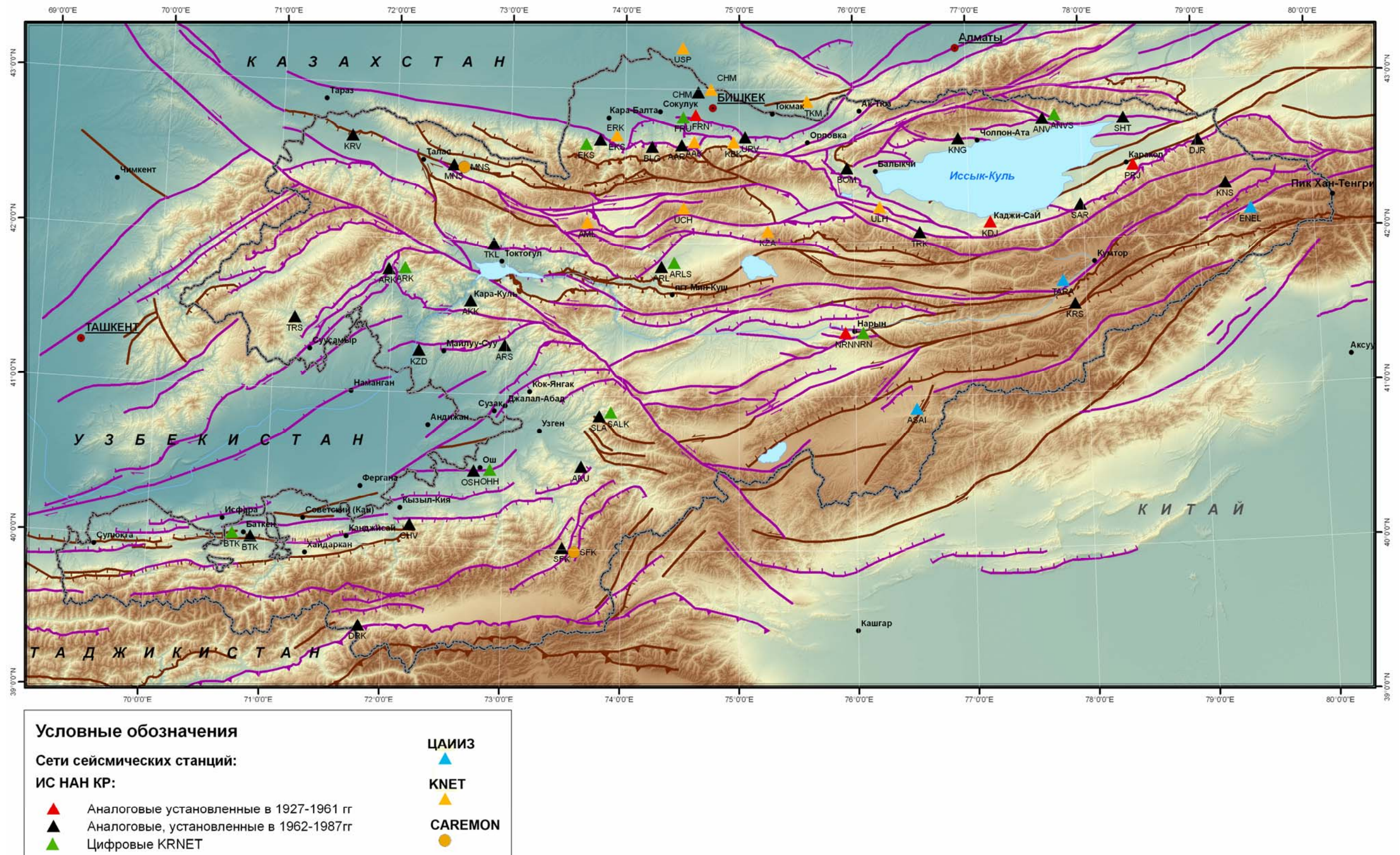


Рис. 23. Схема расположения сейсмических станций на территории Кыргызстана



Рис. 24



1971 год. Обсуждение карты детального сейсмического районирования Чуйской впадины. Слева-направо: Грин В.П., Трофимов А.К., Кнауф В.И. и Чедия О.К.

времени составления предыдущей карты 1977 года. Кроме того, были учтены результаты специальных исследований кинематики разломов [Абдрахматов и др., 2001]. На карте видно, что практически вся территория Кыргызстана подвержена возможному воздействию разрушительных землетрясений. При этом на значительной части это воздействие может составлять 9 и более баллов. В разделе 2 описаны некоторые разрушительные землетрясения, которые произошли в пределах этих территорий в прошлом. Лишь к северо-западу, уже на территории Казахстана интенсивность возможного воздействия составляет 7 баллов.

При комплексном подходе к составлению карты сейсмического районирования проводятся независимые исследования в трех направлениях - сеймотектонические, геофизические и сейсмологические, результаты которых затем анализируются в комплексе. Ниже пойдет речь о результатах сейсмологических исследований.

Любое сейсмологическое исследование начинается с каталога землетрясений. В нем в хронологическом порядке перечислены все землетрясения, зарегистрированные сейсмическими станциями региона, а также основные сведения о них - время возникновения, географические координаты эпицентра, глубина залегания очага и магнитуда (и/или энергетический класс). На основании каталога можно строить карты эпицентров землетрясений и

таким образом изучать особенности пространственного распределения землетрясений. Можно строить различные временные графики и изучать особенности проявления сейсмичности во времени. Далее для изучения специальных вопросов анализируются сами записи землетрясений.

Начнем с описания карты эпицентров землетрясений. На рис. 25 показана карта эпицентров всего за 10 лет, за тот период наблюдений, когда сеть аналоговых станций была наиболее плотной. Карта отражает основные особенности пространственного расположения землетрясений. Сразу бросается в глаза, что северная часть территории, занятая эпицентрами землетрясений, отделена от высоко сейсмичных южных районов относительно слабо активной полосой, проходящей примерно через населенные пункты Баткен, Ош, Нарын и Каракол. Вторая особенность состоит в том, что Таласо-Ферганский разлом играет роль раздела территории киргизской части Тянь-Шаня по уровню сейсмической активности. К западу от него происходит в целом в 3-5 раз больше землетрясений, чем к востоку [Бунэ, Горшков (ред.), 1980]. К основным особенностям сейсмичности Тянь-Шаня относится также асейсмичность впадин. На рис. 25 отчетливо видно, что в пределах Иссык-Кульской, Ферганской, Нарынской, Чуйской и других впадин нет эпицентров землетрясений. Большок количество землетрясений происходит на границе между впадиной и областями поднятий, вдоль которой, как правило, протягиваются разломы. Например, очаги известных сильных землетрясений: Ошское 1883 года, Андижанское 1902 года, Аимское 1903 года приурочены к флексуно-разрывным зонам, отделяющим впадины от предгорий. На карте видно также, что в пространственном распределении слабых землетрясений просматривается тенденция группирования эпицентров на относительно малых площадях. При описании сейсмичности территории их называют сейсмоактивными участками.

По группированию эпицентров как слабых, так и сильных землетрясений можно выделить основные сейсмоактивные зоны. Это, прежде всего, Северо-Тянь-Шаньская зона. Она состоит из Северо-Иссыккульского, Сарыкамьшского, Южно-Иссыккульского и Южно-Чуйского сейсмоактивных участков с примерно одинаковым уровнем сейсмической активности. Южнее, в Центральном Тянь-Шане выделяются зоны: Сонкульская в среднем течении р. Нарын на южных склонах хребта Молдотау и Джумгало-Суусамырская зона, приуроченная к Джумгальскому и Суусамырскому хребтам. Еще далее к югу

отмечается Чаткало-Ферганская зона, состоящая из Сары-Челекского, Нарынского и Карасуйского сейсмоактивных участков, территориально приуроченных к Атойнокскому, Чаткальскому и Ферганскому хребтам. Широкую полосу, охватывающую северную часть горного обрамления Ферганской впадины, представленной полосой адыров, занимает Северо-Ферганская зона. Она также состоит из нескольких участков, два из которых - Андижан-Ошский и Ошско-Узгенский - расположены в восточной части Ферганской впадины, а третий - Наманган-Ташкумырский - приурочен к северо-западной ее части и охватывает обширную территорию Наманганской области Узбекистана и значительные площади Ошской области Кыргызстана. В пределах Южно-Ферганской зоны, протягивающейся вдоль "впадин 40 параллели", выделяются четыре сейсмоактивных участка: Исфара-Баткенский, Хайдарканский, Иски-Наукатский и Ферганский [Джанузаков, 1984; Турдукулов (ред.), 1996]. Вдоль южной границы Кыргызстана простирается Гиссаро-Кокшаальская активная зона. Западная ее часть (Дарваз-Каракульская) приурочена к сочленению Тянь-Шаня с Памиром, восточная - с Таримским бассейном.

Сравним теперь эту карту с картой сильных землетрясений (см. рис. 3 и рис. 26). Как уже говорилось, под сильными землетрясениями будем понимать такие землетрясения, которые на поверхности земли проявляются интенсивностью в 6 и более баллов. Другими словами - это такие землетрясения, которые могут вызвать повреждения зданий (даже самые незначительные, в виде трещин) и более серьезные последствия, вплоть до изменения рельефа местности. В течение последних 200-300 лет очаговые зоны самых сильных из них (от 8 до 11 баллов) разместились вдоль относительно узких полос. Скорее всего, они происходили здесь и раньше, потому что геологи видят их следы (палеосейсмодислокации) на поверхности земли [Бунэ, Горшков (ред.), 1980] (см. рис.9). Известные исторические землетрясения (см. Каталог сильных землетрясений, Приложение 2) тоже попадают в эти полосы. Области максимальных разрушений (плейстосейстовые области) этих событий как бы отмечают северную и южную границы так называемого Тянь-Шанского блока. На севере это плейстосейстовые области Чиликского (1889 г., $M=8,3$, $I_0=10$ баллов), Кебинского (1911 г., $M=8,2$, $I_0=10-11$ баллов), Верненского (1887 г., $M=7,3$, $I_0=9-10$ баллов), Суусамырского (1992 г., $M=7,3$, $I_0=9-10$ баллов) и Чаткальского (1946 г., $M=7,5$, $I_0=9-10$ баллов)

землетрясений, на юге – Хаитское (1949 г., $M=7,4$, $I_0=9-10$ баллов), Кашгарское (1902, $M=7,8$, $I_0=10$ баллов). Вдоль северо-восточной границы Ферганской впадины и вдоль ее южного борта происходили землетрясения меньшей величины, с максимальной интенсивностью в 9 баллов. Здесь известны такие сильные землетрясения как Ошское (1883, $M=5,5$, $I_0=7-8$ баллов), Андижанское (1902, $M=6,4$, $I_0=9$ баллов), Наманганское (1927, $M=6,0$, $I_0=8$ баллов), Куршабское (1924, $M=6,5$, $I_0=8-9$ баллов), Исфара-Баткенское (1977, $M=6,3$, $I_0=7-8$ баллов). Те из них, интенсивность которых достигала 9 баллов, происходили

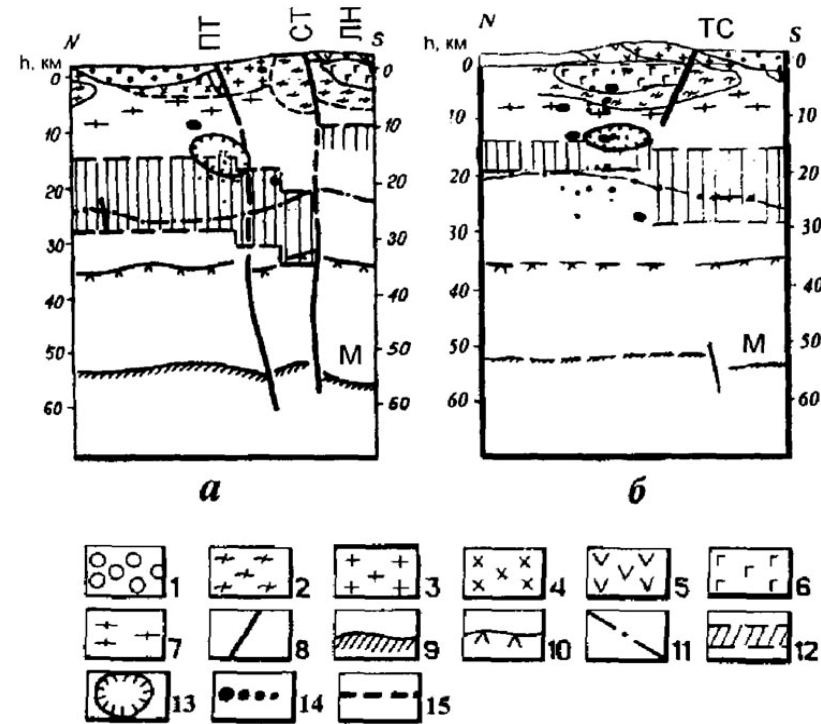


Рис. 27. Геофизические модели очагов сильных землетрясений а - Сарыкамьшского 1970 г., $\phi = 42^{\circ}30'$ с.ш., $\lambda = 78^{\circ}43'$ в.д., $H=10-15$ км, $K=16$; б - Жаланащ-Тюпского 1977 г., $\phi = 42^{\circ}52'5$ с.ш., $\lambda = 78^{\circ}35'$ в.д., $H=10-14$ км, $K=15$

1 - кайнозойские отложения; 2-4 - породы верхнего докембрия и палеозоя; 2 - сланцы, 3 - граниты, 4 - сиениты, 5 - диориты, эффузивы, 6 - габбро, ультраосновные породы, 7 - гнейсы; 8 - разломы (ПТ - Предтерскойский, СТ - Центрально-Терскойский, ЛН - линия Николаева, ТС - Талдысуйский); 9-12 - обменобразующие границы по МОВЗ: 9 - граница Мохоровичича, 10 - подошва промежуточного слоя; 11 - кровля промежуточного слоя, 12 - электропроводящий слой; 13 - область разрывных нарушений основного толчка; 14 - области разрывных нарушений афтершоков энергетических классов 12-9; 15 - изотерма 400°C

близко к поверхности земли, отчего их разрушительная сила быстро спадала при удалении от эпицентра. А самые слабые из сильных, 5-6-ти балльные (см. карту эпицентров сильных землетрясений, рис. 26) относительно равномерно распределены по всей территории Кыргызстана.

Очаги землетрясений киргизской части Тянь-Шаня залегают в пределах земной коры и распределены по вертикали крайне неравномерно. Наиболее широкое распространение имеют очаги с глубинами 5-15 км, меньше - 16-20 км и еще меньше - более 25 км. Максимальные значения глубин (25-30 км) отмечены в Кемино-Чиликском и Фергано-Чаткальском сейсмоактивных участках. Большие глубины очагов (20-25 км) наблюдаются в Южно-Чуйской, Северо-Ферганской и Южно-Ферганской зонах. Очаги глубже 30 км на исследуемой территории встречаются крайне редко [Бунэ, Горшков (ред.), 1980; Турдукулов (ред.), 1996]. Землетрясения Центрального Тянь-Шаня не достигают больших глубин. Косвенным свидетельством этому служит то, что интенсивность колебаний от них быстро затухает при удалении от эпицентра в сравнении с землетрясениями Северного Тянь-Шаня [Бунэ, Горшков (ред.), 1980].

Некоторые особенности поведения сейсмической активности были выявлены в результате детальных наблюдений локальными сетями. Замечено, что сейсмический процесс не происходит постоянно в пределах каждого из сейсмоактивных участков. Проявление сейсмичности носит "кусочный" характер, т.е. в течение достаточно длительного времени землетрясения возникают в отдельных местах участка группами, не накладываясь друг на друга, а "пристраиваясь" к уже имеющимся группам [Грин и др., 1978]. Замечено также, что мелкие землетрясения имеют большую площадь распространения, чем глубокие, т.е. верхний слой земной коры мощностью примерно до 10-15 км сейсмоактивен почти повсеместно. Близкие по времени возникновения очаги землетрясений обычно существенно отдалены друг от друга по площади, но имеют одинаковую глубину, то есть происходят на одном глубинном уровне и, возможно, связаны с какой-либо горизонтальной границей в земной коре. Более глубокие землетрясения (15-30 км) зачастую приурочены к известным разломным зонам. [Грин, Кальметьева, 1978]. Было замечено, что слабые землетрясения делятся, по крайней мере, на два типа. Одни из них соответствуют подвижкам по имеющейся плоскости разрыва. Все характеристики излучения их очагов (отношение амплитудно-частотного

состава продольных и поперечных волн, скорость распространения разрыва, направление первого движения в очаге) полностью согласуются с результатами лабораторных моделей подвижек по подготовленным разрывам. Другие - скорее представляют собой образование новых разрывов в среде. Для них характерно то, что они образуют плотное скопление эпицентров в некоторой области за относительно короткий промежуток времени и затем там наступает длительное затишье. Землетрясения же первого типа происходят в виде единичных событий или мигрируют вдоль некоторых линий [Горбунова, Кальметьева, 1988]. Следует также отметить, что записи землетрясений из разных частей территории Тянь-Шаня имеют свои характерные особенности. Опытный интерпретатор иногда только по виду записи может определить район, где произошло землетрясение. Так для Северного Тянь-Шаня характерны четкие вступления (начало записи) сейсмических волн. Для юго-запада территории Тянь-Шаня (к западу от Таласо-Ферганского разлома) часто встречаются землетрясения, записи которых начинаются вялым, трудно определяемым вступлением. Нуриновское землетрясение 2008 года яркий пример такого землетрясения. Вдоль Южно-Ферганской системы разломов встречаются землетрясения с двойными вступлениями, например Исфара-Баткенское 1977г..

Интересные результаты были получены под руководством Ф.Н.Юдахина при построении геофизических моделей очагов сильных землетрясений [Токмулин (ред.), 1992]. Основные толчки всех рассмотренных сильных землетрясений (Сарыкамьшское, 1970г., Жаланащ-Тюпское, 1978г., Исфара-Баткенское 1977г. и др.) оказались приурочены к кровле электропроводящего слоя на глубине примерно 10-15 км. Афтершоки же опускаются на всю глубину сейсмоактивного слоя (до 30 км), а также выходят к дневной поверхности. Эти данные тем более интересны в свете результатов, полученных при сравнении глубинного строения высоко сейсмичного Тянь-Шанского орогена и слабо активных территорий Казахского щита и Туранской плиты. Были выявлены принципиальные различия геофизических характеристик сред. Особенно эти различия проявляются по электропроводящим свойствам. Самые сильные, катастрофические землетрясения произошли именно на участках, где Тянь-Шанский ороген сочленяется с Казахским щитом и Туранской плитой. В качестве примера на рис. 27 приведены геофизические

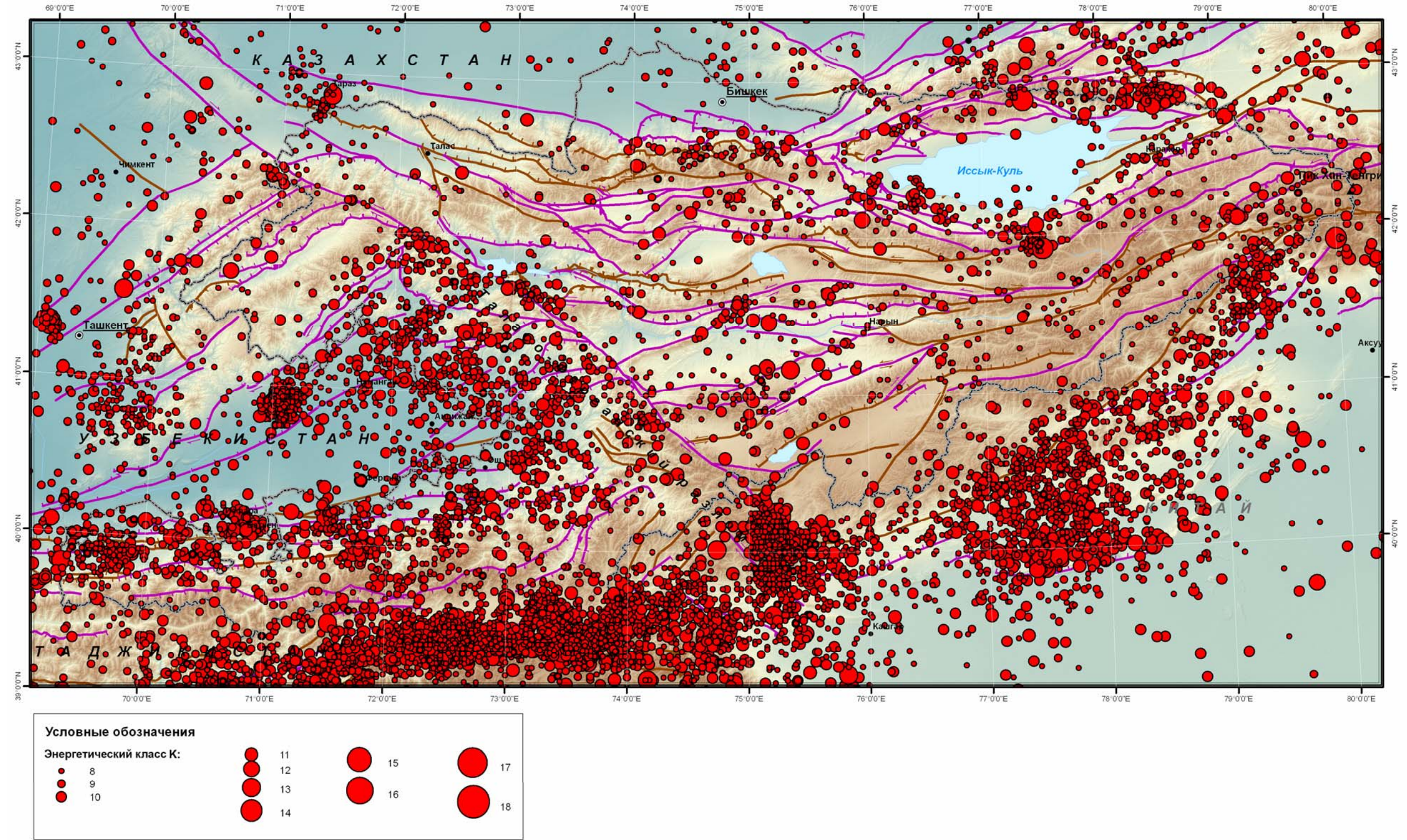


Рис. 25. Карта эпицентров землетрясений за 1976-1985 годы

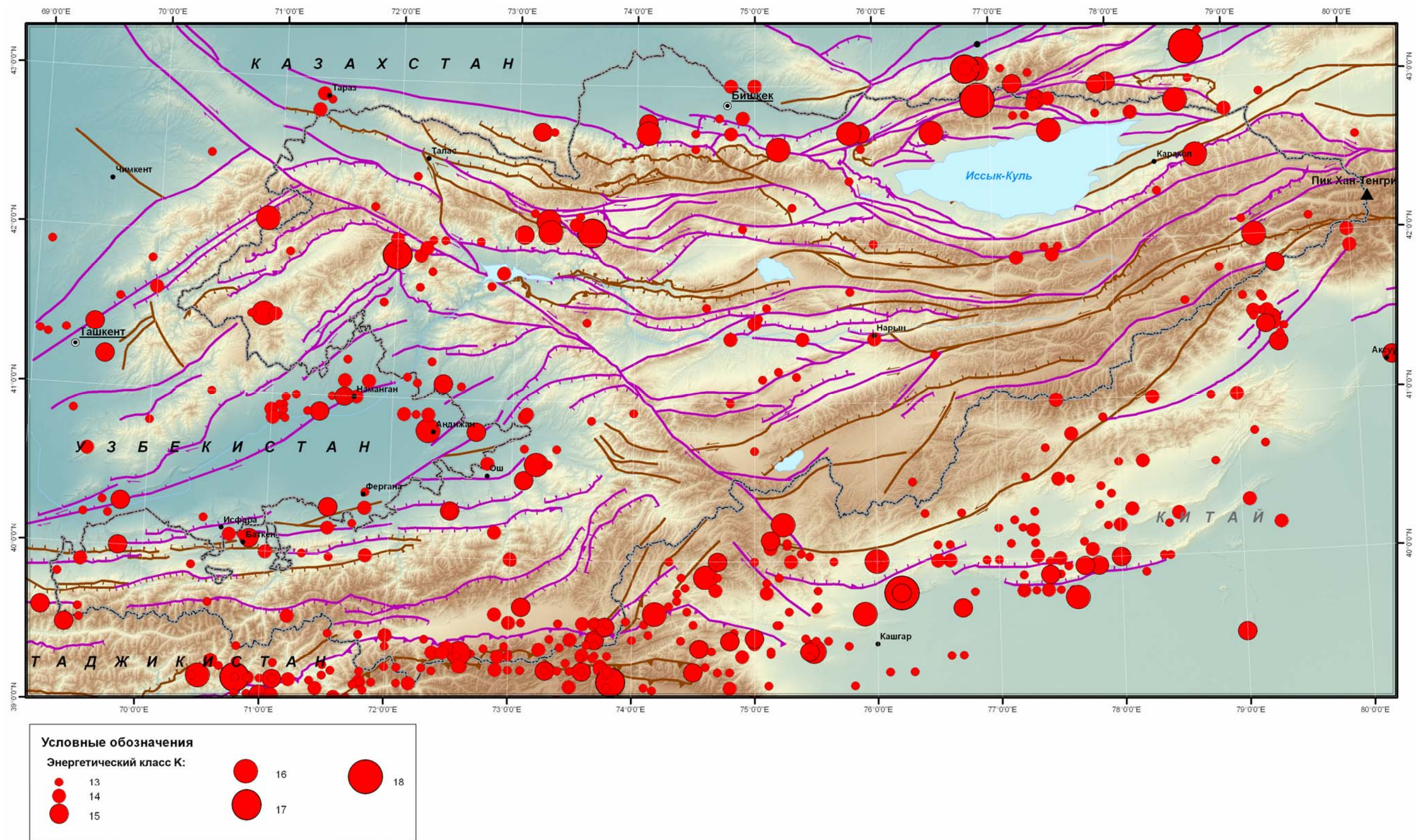


Рис. 26. Карта эпицентров сильных землетрясений с $M \geq 5$ ($K \geq 13$, $I_0 \geq 5-6$ баллов) с исторических времен по 2008 г

модели Сарыкамышского 1970 г. и Джаланаш-Тюпского 1978 г. землетрясений.

Следует сказать также несколько слов о временных закономерностях. Уже по материалам детальных наблюдений было выявлено, что сейсмическая деятельность не является стационарным процессом. Отмечается некоторая цикличность в активизации, например, на Северном Тянь-Шане, вдоль Киргизского хребта период циклов для землетрясений 11-го энергетического класса (интенсивностью примерно 3-4 балла) составляет 15-20 лет [Грин и др., 1978]. Оказалось, что различные по тектоническому строению участки имеют свои особенности пространственно-временного поведения сейсмичности, в связи с этим даже высказывалось предположение, что пространственно-временные характеристики могут быть дополнительным, а иногда и более достоверным критерием выделения сейсмогенерирующих зон [Грин и Кнауф, 1978]. Изучение периодичностей имеет большое значение в понимании природы сейсмичности, в разработке методов прогноза землетрясений. Еще в прошлом столетии было обнаружено существование корреляционной связи между периодическими изменениями сейсмической активности в масштабах планеты и такими явлениями как активность Солнца, изменениями угловой скорости вращения Земли, вариациями абсолютных значений силы тяжести и других природных явлений [Хаин и Халилов, 2008; и др.]. Все перечисленные процессы тем или иным способом влияют на напряженное состояние твердой оболочки Земли. По данным о механизмах очагов землетрясений можно исследовать направления сжимающих и растягивающих усилий в области очага. Под механизмом очага землетрясения понимается ориентация в пространстве плоскости подвижки и соответственно ориентация в пространстве осей напряжений сжатия и растяжения, которые приводят к возникновению землетрясений. По данным геологии известно, что Тянь-Шань развивается под действием близгоризонтального субмеридионального сжатия (см. раздел 2). Однако данные о механизмах очагов землетрясений свидетельствуют о том, что ось сжатия испытывает периодические колебания, отклоняясь от горизонтального положения на довольно значительный угол. Наиболее ярко проявляются 6-летние циклы. Отмечаются также 2-3-х летние циклы, а также 15-летние, которые наложены на более длинные периоды. Говорить о более длинных периодах не приходится из-за слишком малого периода наблюдений (представительные данные о механизмах очагов имеются лишь с 1970 года).

При этом проявляется следующая тенденция. В отрезки времени, когда положение оси сжатия приближается к горизонтальному, сейсмический уровень повышается и проявляется в виде большого количества землетрясений умеренной силы с $M=5-6$, что хорошо подтверждает точку зрения о коллизионной природе развития Тянь-Шаня. Однако, когда горизонтальное сжатие ослабевает (ось сжатия начинает отклоняться от горизонтального положения), сильные землетрясения либо вообще не происходят, либо происходят довольно сильные землетрясения с $M \geq 6.5$. Эти данные приводят к предположению, что поле напряжений Тянь-Шаня имеет две составляющие. Одна - определяется процессами, протекающими непосредственно в глубинных слоях Тянь-Шаня. Другая составляющая имеет колебательный характер, связанный с планетарными явлениями, и играет роль спускового механизма для высвобождения напряжений, возникающих в земной коре в результате тектонической деятельности в областях современного горообразования [Кальметьева и др., 2003; Кальметьева, 2005; 2006].

На этом можно закончить краткое описание закономерностей сейсмичности Кыргызской части Тянь-Шаня. За пределами этого обзора остаются многие интересные исследования. Тем, кто хотел бы знать больше об условиях возникновения землетрясений на Тянь-Шане, можно порекомендовать монографию «Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования» [Макаров, 2005], подготовленную коллективом авторов в основном из Кыргызстана и России. По ней можно составить представление о том большом многообразии факторов, сочетание которых определяет сейсмические проявления на территории нашей Республики.

3.3. Создание каталога землетрясений

В сводный каталог землетрясений Кыргызстана (Приложение 1) включены данные о землетрясениях, начиная с 250 года до нашей эры. Впервые сведения об исторических землетрясениях были собраны и систематизированы сотрудниками Географического Общества России [Мушкетов, Орлов, 1893]. Когда была открыта первая сейсмическая станция на территории Кыргызстана (станция «Фрунзе»), обработкой инструментальных записей землетрясений Средней Азии

занималась Евдокия Александровна Розова [1950; Розова, Грин, 1955]. Позже обработка записей землетрясений и составление каталога землетрясений в Кыргызстане велось под руководством ученика Е.А.Розовой Джанузакова Кенеша Джанузаковича. К.Д.Джанузаков уточнил и дополнил данные каталога Мушкетова и Орлова и создал единый каталог землетрясений Кыргызстана.

Первые ежегодные каталоги землетрясений по инструментальным данным составлялись в Сейсмологическом Институте АН СССР на основе бюллетеней сейсмических станций Советского Союза. Эти данные периодически обобщались и издавались [Атлас ..., 1962; Новый каталог ..., 1977]. С 1962 г. по инициативе Н.В.Кондорской начинается ежегодное издание каталога «Землетрясения в СССР», а с 1992 года этот ежегодник переименовывается в «Землетрясения Северной Евразии». В этих изданиях помещаются сведения и о землетрясениях территории Кыргызстана, начиная с энергетического класса $K=9$ (бессменным ответственным составителем этого раздела остается К.Д.Джанузаков). Наряду с этим в разные годы осуществлялись другие издания каталогов, куда входили и сведения о землетрясениях Кыргызстана. Так Среднеазиатский Центр, организованный на базе Таджикского Института Сейсмостойкого Строительства и Сейсмологии (ТИССС) с 1979 года начинает ежегодное издание каталога «Землетрясения Средней Азии и Казахстана». Для подготовки этого каталога в Среднеазиатском Центре проводилась сводная обработка данных сейсмических станций Таджикистана, Узбекистана, Киргизии и Казахстана. В него включались сейсмические события, начиная с энергетического класса $K=10$. С началом гражданской войны в Таджикистане работа Центра прекратилась. В разные годы по инициативе Б.И.Ильсова Институт Сейсмологии НАН КР, а затем и Опытно-Методическая Сейсмологическая Экспедиция Института Сейсмологии, тоже издавали каталоги, куда входили и самые слабые события, регистрируемые сетью сейсмических станций Кыргызстана [Ильсов и др., 1980; 1992; 2003; 2004; Кальметьева и др., 2006].

Естественно, что до начала инструментальных наблюдений, далеко не все сейсмические события были включены в каталог, особенно древние землетрясения. Только наиболее сильные из них, которые сохранились в преданиях или упоминания о них находились в письменных источниках, включены в каталог. Даже такие сильные землетрясения, которые проявлялись 8-9 балльными

разрушениями на поверхности земли, упомянуты в каталоге без пропусков только за последние примерно 200 лет. С началом инструментальных наблюдений сеть станций постепенно уплотнялась (см. раздел «История инструментальных наблюдений») и в зависимости от ее плотности можно было регистрировать без пропусков все более слабые землетрясения. В таблице 3 показаны сроки, за которые землетрясения определенного энергетического класса регистрировались без пропусков (представительность каталога). Таблица 3 показывает, что среди слабых землетрясений, которые далеко не всегда ощущаются людьми, самый продолжительный срок (54 года) представительности имеют землетрясения энергетического класса $K=10$. Исходя из этих соображений в настоящий Атлас включены землетрясения, начиная с энергетического класса $K=10$ (здесь имеются в виду землетрясения с $K=9,6-10,5$).

Определение эпицентров землетрясений до 1980 года проводилась вручную графическим методом засечек, разработанным Е.А.Розовой (1936) по данным региональной сети станций (камеральными работами руководила Ы.Шукурова). Данные локальной сети обрабатывались методом палеток изохрон Ризниченко [Буне и др., 1960] (руководитель камеральных работ - Т.А. Лопатина). С появлением вычислительных машин была составлена и запущена программа [Джанузаков, Горбин, 1983], которая реализовала аналитический метод определения основных параметров землетрясений. В 1999 году в Вычислительном Центре ОМСЭ внедряется программа HYPOELLIPSE,

Таблица 3

Развитие представительности регистрируемых землетрясений

К	М	Начало периода представительности регистрации
16	6,5	1770(отдельные события с 500 г.)
14-15	5,5-6,1	1865
13	5,0	1911
12	4,5	1929
10	3,3	1955
8-9	2,2-2,8	1980

разработанная в США [Lahr, 1994]. Машинное определение параметров землетрясений и составление каталога осуществлялось Молдобековой С., камеральными работами руководила Соколова Н.П.

Для достижения большей точности в определении координат эпицентров землетрясений привлекались данные наблюдений сейсмическими станциями, расположенными на приграничных территориях Казахстана, Узбекистана, Таджикистана (до 1993 г.), а также Синь-Дзянь-Уйгурского Сейсмологического Бюро Китая (фрагментарно).

Ниже приведена расшифровка значений параметров, приводимых в каталоге.

N – порядковый номер

Время возникновения землетрясения указано в колонках – **Год, Месяц, День, Час, Минута, Секунда**. При этом в колонке «Час» указывается время, соответствующее Гривическому меридиану.

Географические координаты эпицентра землетрясения:

φ - северная широта

λ - восточная долгота

Кл. точн. – класс точности. Здесь класс точности принимает значения от 1 до 6 и приписывается событиям при выполнении следующих условий:

- 1 – хорошее окружение эпицентра сейсмическими станциями; на расстоянии до 10 км от эпицентра есть хоть одна сейсмическая станция; четкие вступления волн на сейсмограмме; определена глубина гипоцентра (соответствует классу «а» локальных наблюдений, см. раздел 3.1);
- 2 - хорошее окружение эпицентра сейсмическими станциями; на расстоянии до 25 км от эпицентра есть хоть одна сейсмическая станция; определена глубина гипоцентра (соответствует классу «б»);
- 3 – одностороннее окружение эпицентра сейсмическими станциями; на расстоянии до 25 км от эпицентра есть хоть одна сейсмическая станция; определена глубина гипоцентра (соответствует классу «в»);
- 4 – одностороннее окружение эпицентра сейсмическими станциями, ближайшая станция отстоит от эпицентра не далее, чем на 50 км (соответствует категории «неклассные»). В эту категорию попадают землетрясения, происходящие на границе с Таджикистаном

5 – одностороннее окружение эпицентра сейсмическими станциями, ближайшая станция отстоит от эпицентра не далее, чем на 100 км (соответствует классу «А»);

6 – не удовлетворяет ни одному из вышеперечисленных условий (соответствует классу «Б»).

Как видно из этого описания, класс точности определяется в основном конфигурацией сети, т.е. тем обстоятельством, насколько хорошо эпицентр землетрясения окружен пунктами наблюдений и как далеко расположены ближайшие к эпицентру станции. Это хорошо согласуется с результатами исследований, проведенных в Гарвардском Международном Центре Данных [Istvan et al., 2002]. Для получения критериев точности определения положения эпицентра в зависимости от конфигурации сети ими был использован каталог из 2000 сейсмических событий, для которых были известны точные значения эпицентров и времен в очаге. Результат состоит в следующем: с 95%-ной вероятностью можно утверждать, что эпицентр определен с точностью ± 5 км, если:

- ☀ не менее 10 станций находятся в диапазоне эпицентральных расстояний 0-250 км;
- ☀ угловой растров, в котором нет пунктов наблюдений зарегистрировавших прямые волны, не должен превышать 110° ;
- ☀ угловой растров, в котором нет пунктов наблюдений зарегистрировавших головные волны, не должен превышать 160° ;
- ☀ в диапазоне эпицентральных расстояний 0-30 км должна находиться хотя бы один пункт наблюдения.

В соответствии с этими критериями эпицентры землетрясений Кыргызстана можно определить с точностью 5 км только в том случае, если они расположены в пределах сети наблюдений (см. рис. 23, 25 и 26). Такие землетрясения составляют примерно 30 % от общего количества сейсмических событий. И тогда следует считать, что все землетрясения южной и юго-восточной части территории Кыргызстана определяются с точностью 25, 50 или более километров. Чтобы убедиться в этом было проведено сравнение координат эпицентров землетрясений юго-восточной части территории из каталога ИВЦ с эпицентрами тех же событий из каталогов Сейсмологического Бюро Китая и Ренселеровского Университета США, наблюдательные сети которых соответствовали указанным выше критериям 5-ти километровой точности. Оказалось, что для 40%

землетрясений эпицентры совпали с точностью до 5 км, 20% - с точностью до 10 км и 20% - с точностью до 20 км. И только для 20% землетрясений расхождение эпицентров по данным разных каталогов составляло 20 и более км [Каталог зем-ний Кыргызстана, 2004]. Следовательно, нельзя всем землетрясениям юго-восточной части территории Кыргызстана приписывать точность более 25 км. Кроме того, опыт рутинной обработки записей землетрясений показывает, что не только состоянием и конфигурацией сети наблюдений определяется точность эпицентра. Большое значение имеет применяемая для локализации источника скоростная модель среды или годограф сейсмических волн. Встречаются землетрясения, когда результаты определения эпицентра, даже при плотном его окружении пунктами наблюдений, имеют разброс 10 и более км, практически на тех же участках, где основная масса регистрируемых событий определяется с точностью ± 2 км. И наоборот, порой даже при одностороннем окружении эпицентра станциями наблюдается хорошая сходимость исходных данных. Это справедливо даже для землетрясений Кок-Шаала. Остается допускать, что причина такого явления кроется в самом характере излучения сейсмических волн из очагов таких событий. Именно по этой причине в изданных каталогах [Каталог зем-ний Кыргызстана, 2003; 2004; 2006], кроме значений основных параметров землетрясений, были указаны такие характеристики как среднеквадратичный

разброс в определении времени возникновения землетрясения и в определении эпицентра. Кроме того, было указано расстояние до ближайшей станции, количество станций, данные которых участвовали в определении параметров данного землетрясения, и угловой растров, в котором не было пунктов наблюдений. Перечисленные характеристики полностью характеризуют как конфигурацию пунктов наблюдений относительно эпицентра землетрясения, так и сходимость исходных данных. Несмотря на то, что в мировой практике уже отходят от классификации землетрясений по классу точности, отдавая предпочтение количественным значениям невязок исходных параметров, нами все-таки была принята именно такая трактовка класса точности для сохранения однородности каталога.

Н – глубина очага землетрясения, в км от дневной поверхности. Для исторических событий глубина очага определялась на основании карт изосейст. Чем мельче очаг землетрясения, тем быстрее затухает интенсивность проявления землетрясения, тем меньше расстояние между соседними изосейстами балльности. На основании эмпирических соотношений, связывающих интенсивность землетрясения, его магнитуду и глубину очага можно примерно оценить глубину очага [Джанузаков и др., 1977]. С 2002 года глубина приводится относительно уровня океана. Плотность сети станций на территории Кыргызстана даже теперь не позволяет определять этот параметр по

инструментальным данным с достаточной точностью для всех землетрясений контролируемой нами территории. По этой причине не для всех землетрясений это значение указано в каталоге.

К – Энергетический класс очага землетрясения. $K = \lg E$ (джоулей), где E – энергия, затраченная на образование объемных сейсмических волн в очаге землетрясения.

Номограмма для определения значения K была составлена Т. Г. Раутиан в 1960 году [Бунэ и др., 1960]. Значения K , помещенные в каталог за более ранние сроки, были вычислены по значениям магнитуды MLH с использованием корреляционного соотношения $K = 1,8 MLH + 4$.

MLH – магнитуда землетрясения, определяемая по поверхностной волне Лява [Инструкция ..., 1981]. До появления палетки Раутиан классификация землетрясений проводилась в Кыргызстане только по магнитуде. Магнитуда исторических землетрясений была определена по эмпирическому соотношению между балльностью, магнитудой и глубиной очага, о чем упоминалось выше. В 1960-1995 годах определялись обе величины - K и M . С 1996 года, кроме значения величины K , определялось три вида магнитуды MLH (для землетрясений энергетического класса $K \geq 12$), MPV и M по коду (для землетрясений энергетического класса $K \geq 10$). В настоящем издании в каталоге указана только магнитуда MLH , для сохранения однородности каталога.

4. Землетрясения и связанные с ними явления

«Совокупность всех наших знаний о Земле должна составлять единую основную науку, которую можно было бы назвать землеведением в широком значении этого слова; но Земля так разнообразна по своим свойствам, что в целом не может быть предметом исследования какой-либо одной науки: сложность явлений ее вызывает для всестороннего изучения слишком различные точки зрения и методы, а потому землеведение, зародившись в самой глубокой древности, с течением времени, при постепенном расширении наблюдений, по необходимости дробилась на отдельные специальные отрасли знания, обособлявшиеся в самостоятельные науки».

[Д.И.Мушкетов, 1934]

В подтверждение слов Д.И.Мушкетова можно сказать, что в настоящее время, например, режимы современной тектонической активности, изучает раздел геологии под названием новейшая тектоника, землетрясения изучает сейсмология, оползнями занимаются специалисты по инженерной геологии и т.д. А в природе эти процессы неразделимы. Более того, в настоящее время стало очевидным, что недостаточно изучать только Землю, чтобы понять природу тектонической и сейсмической деятельности. Многолетние исследования показали, что существует корреляция между периодами повышения уровня сейсмической активности и временем активизации таких явлений как солнечная активность, приливные явления и др. И в свою очередь, землетрясения также могут вызывать целый ряд процессов, которые мы воспринимаем как стихийные бедствия.

Как показывает опыт изучения проявлений землетрясений в горных районах много человеческих жертв, и значительный материальный ущерб связаны именно с проявлениями вторичных последствий землетрясений. Провоцирование землетрясениями оползневых и обвальных явлений, которые часто приводят к образованию подпружных озер и затоплению территорий и, как следствие, к появлению катастрофических селей и паводков в случае их прорыва – довольно частое явление в горных районах. Когда обвал или оползень происходит во время сильного землетрясения, то причина возникновения этого оползня очевидна. Ряд исследований посвящен изучению механизма такого воздействия. Например, предложена концептуальная модель триггерного воздействия землетрясения на возникновение оползней [Havenith et al., 2002; Havenith, 2003]. По мнению авторов, ключевым фактором, контролирующим устойчивость склона, является наличие низкоскоростного приповерхностного слоя меняющейся толщины. Вместе с тем, многое остается неясным в природе взаимодействия склоновых процессов и сейсмичности. Например, почему оползни в скальных породах распределены неравномерно? В пределах Тянь-Шаня есть зоны высокой концентрации разновозрастных оползней. Тогда как обширные участки между ними практически лишены таких явлений [Strom and Abdrakhmatov, 2004]. Как можно объяснить возникновение подвижек оползня перед (20-50 часов) сильным землетрясением [Torgoev et al., 2008]? Существует также мнение, что не только сильные землетрясения могут влиять на склоновые процессы. Количество землетрясений чрезвычайно велико на Тянь-Шане (см. карту эпицентров землетрясений за 1976-1985) и, следовательно, они далеко не принадлежат к редким или исключительным явлениям природы, а напротив, к обыкновенным и постоянным. Без преувеличения можно сказать, что здесь Земля никогда не находится в состоянии сейсмического покоя. Землетрясения часто не напрямую вызывают опасные склоновые явления, а только ускоряют протекание таких процессов [Бабаев и др., 2008].

Задача таких исследований значительно усложняется из-за сложного взаимодействия большого количества факторов, обуславливающих склоновые процессы в горных областях. Например, в работе [Keefeg, 1993] приводится логическое дерево развития оползневого процесса в зависимости от крутизны склона, климатических условий и увлажненности.

4.1. Оползни - общие сведения

Территория Кыргызстана относится к высокогорной зоне, с перепадами высот от 400 до 7 000 м и более. 56% территории поднято на абсолютные высоты 2500 м и выше. Наибольшая абсолютная высотная отметка - пик Победы – 7439 м.

Современный рельеф Тянь-Шаня формируется при взаимодействии эндогенных и экзогенных процессов, что говорит о продолжающемся здесь процессе горообразования. Резко расчлененный рельеф Тянь-Шаня и большие высотные отметки создают особые природные условия, которые проявляются в исключительном разнообразии климатических условий, плодородия почв, растительности, животного мира, обуславливают нестабильность склонов и труднодоступность горных территорий. Резко расчлененный рельеф и тектоническая активность Тянь-Шаня определяет также слабоустойчивое природное равновесие, повышенную чувствительность к изменениям климата, к атмосферным и антропогенным воздействиям, что способствует активному развитию опасных природных процессов, одними из которых являются гравитационные смещения горных склонов - оползни, обвалы, камнепады и их переходные процессы.

Наиболее активные оползневые процессы в Кыргызстане наблюдаются в южных районах:

Джалал-Абадская область - бассейны рек Кугарт, Майлуу-Суу, Кара-Ункур, Кара-Суу, Сумсар и Чаткал;

Ошская область - бассейны рек Яссы, Кара-Кульджа, Тар, Гульча, Ак-Бура и Кыргыз-Ата;

Баткенская область - юго-западнее г.Кызыл-Кия, п.Кадамжай, и в г.Сулюкта;

В меньшей степени склоновые процессы проявляются в других областях Республики:

Чуйская область - в городе Бишкек (Орто-Сай, Чон-Арык), южный склон предгорий Кыргызского хребта, в Суусамырской, Чон-Кеминской долинах и Боомском ущелье. Здесь оползни имеют единичные проявления;

Нарынская область - современные оползни имеют единичные проявления и несут угрозу запруживания русел рек и погребения участков автомобильных дорог;

Иссык-Кульская область - оползни развиты в горной зоне хребтов Тескей и Кунгей Ала-Тоо и в долинах рек Тон и Джергалан. Они незначительно влияют на инфраструктуру населенных пунктов;

Таласская область - оползни имеют место в верховье левобережного притока реки Чиимташ и не создают риска

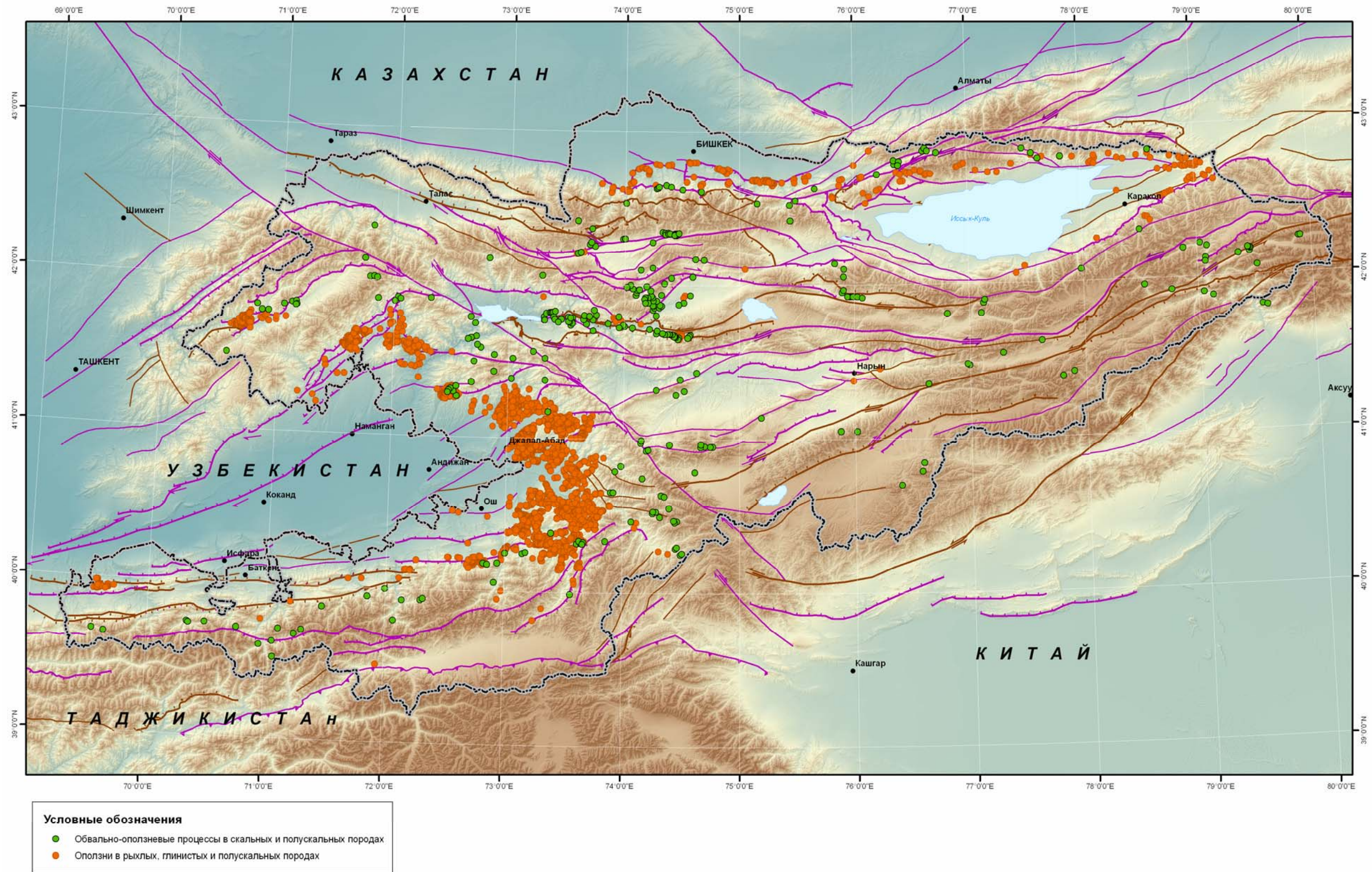


Рис. 28. Карта оползней Кыргызстана

опасных воздействий для населения.

4.2. Категории склоновых процессов

Обвал - внезапное обрушение и падение части массива горных пород из-за потери устойчивости.

Оползень - склоновое скольжение горных масс под влиянием силы тяжести по поверхности скольжения.

Обвальное – оползневые процессы – переходный процесс между оползнем и обвалом, при котором смещение пород происходит частично по поверхности скольжения и с отрывом от нее.

Образование и активность оползневых и обвальных процессов являются результатом воздействия большого числа факторов, среди которых - состав и характер залегания разрушающихся пород, морфологические и морфометрические характеристики рельефа, трещиноватость пород, современные тектонические движения, степень и характер увлажнения склонов, суточные и сезонные температурные градиенты, уровень грунтовых вод, мерзлотные характеристики и др.

Развитию обвально-оползневых процессов посвящено много публикаций и в этих работах приоритетная роль в их образовании отводится землетрясениям, а сами процессы рассматриваются как сейсмодислокации. Оползни и обвалы не образуются повсеместно или случайно. Как во время землетрясений, так и в других случаях они формируются на определенных участках склона, где взаимодействие других факторов приводит к ослаблению склона и создает предпосылки для разгрузки.

В пределах Кыргызского Тянь-Шаня насчитывается более 5000 современных активных оползней. Но, если учитывать древние и стабилизировавшиеся обвально – оползневые блоки, то их количество окажется на порядок больше. Это крупномасштабные скальные оползни и каменные обвалы, которые происходят редко и могут приводить к весьма тяжелым последствиям. Картирование всех оползневых смещений на территории Кыргызского Тянь – Шаня не проводилось, только лишь на отдельных площадях и вблизи населенных пунктов проведены геологические съемки с целью предупреждения чрезвычайных ситуаций для инфраструктуры населенных пунктов и горнопромышленных объектов. Из-за недоступности горного рельефа и из-за ограниченных возможностей использования космоснимков высокой разрешаемости в настоящее время нет полной информации о распространении древних и современных оползней на трудно доступных участках.

Несмотря на то, что каждый оползень или обвал имеет свои индивидуальные особенности, их можно подразделить на две категории: (1) оползни в рыхлых и полускальных породах (мезо - кайнозойские отложения) и (2) обвало-оползневые процессы в скальных и полускальных породах (терригенные, метаморфические, реже интрузивные формации) и в основном вызванные сейсмическим воздействием.

Оползни в рыхлых и полускальных породах.

Основная часть, до 80% активных оползней, приурочена к краевым частям крупных депрессий в пределах распространения мезо-кайнозойских формаций.

В мезо-кайнозойских формациях развитие оползневых процессов обусловлено двумя основными причинами: (1) наличием большого содержания в них тонкодисперсных пород – глин, аргиллитов, суглинков и (2) степенью естественного увлажнения (грунтовые воды, атмосферные осадки). При этом годовое количество осадков должно превышать среднегодовые нормы. Такое сочетание условий встречается не везде и отмечается по периферии Ферганской и восточной части Иссык-Кульской впадины.

Оползни развиты на разных высотах, но наибольшая их часть сосредоточена в низко- среднегорной зоне, в пределах высотных отметок 1100-2200 метров. Это та часть, где наиболее развиты мезо-кайнозойские отложения в краевых частях крупных депрессий. Данный тип оползней в основном развит в южном регионе Кыргызстана в пределах краевой части Ферганской депрессии. Именно высокое естественное увлажнение региона и широкое распространение мезо-кайнозойских отложений создали благоприятные условия для формирования оползней. Здесь насчитывается более 80% от общего количества активных оползней (рис. 29- 33).

До 70% всех оползней развиты в палеогеновых и меловых отложениях, представленных переслаиванием глин, аргиллитов, алевролитов, песчаников, мергелей, известняков, гипсов и конгломератов, а также в лессовых покровных отложениях. Смещения, в основном, происходят на крыльях складок по пластам глин и аргиллитов. Основными факторами оползнеобразования являются обводненность массивов горных пород атмосферными осадками и грунтовыми водами. Они формируются на контактах водопроницаемых пород с водоупорными глинами, аргиллитами.

В период выпадения атмосферных осадков выше средних многолетних значений на 20%, активизация подвижек существующих оползней не отмечается, либо незначительна. Активизация оползневых процессов выше среднего фона отмечается при выпадении атмосферных осадков более 40% от средней нормы.

Согласно результатам исследования оползневых процессов [Емельянова, 1972; др.] в силу не синхронности образования и разной продолжительности оползневого цикла, каждый из них в любой момент времени находится на определенной стадии своего развития.

Стадия подготовки к основному смещению:

- Водопроявление (родники, мочажины, наличие влаголюбивой растительности) в нижних частях оползнеобразующих склонов;
- образование валов, бугров или отрицательных форм рельефа в пределах оползнеобразующего склона;
- образование трещин в пределах контура формирующегося оползня;
- просадки по оползневым трещинам отрыва;
- деформации склона в пределах формирующегося оползня в виде мелких оплывин и сплывов.

Стадия основного смещения:

- оползень находится в движении;
- оползень находится во временно-стабильном состоянии, сместившись от первоначального положения и не достигнув базиса разгрузки.

Стадия вторичных смещений:

- большинство оползней завершают эту стадию с прекращением воздействия факторов, вызывающих основное смещение до базиса разгрузки. При этом деформации сместившегося оползня могут проявляться в виде обрушений стенок срыва при выполаживании до устойчивых углов и в виде деформаций отдельных блоков разгрузившегося оползня при воздействии на него экзогенных процессов.

Стадия стабилизации:

- оползень достиг базиса разгрузки, воздействия экзогенных и эндогенных процессов не оказывают влияние на его состояние.

Продолжительность развития полного оползневого цикла, равно как и его составляющих стадий, находится в зависимости от интенсивности, периодичности воздействия природных факторов и реакции массивов горных пород с

присущими им геологическими условиями и варьирует в широких временных рамках от нескольких секунд до нескольких десятилетий и более.



Рис. 29. Оползень 2004г., перекрывший р. Кара-Гуз в Каракульджинском районе, вследствие чего образовалось подпрудное озеро и селевой поток после его прорыва.



Рис. 30 Оползень в лессовых породах 1994г. в с. Комсомол Узгенского района, погибло 26 человек



Рис. 31. Оползень в с. Гульча Алайского района 2000г. объемом 14 млн.м³. Разрушено 148 жилых домов, производственных строений и коммуникаций районного центра.



Рис. 32. Оползень в г. Майлуу-Суу 2004г. объемом 80 тыс.м³. Разрушен 1 жилой дом, погибло 2 человека



Рис. 33. Оползни в долине р. Ачи Сузакского района в лессовых породах угрожают жилым домам

Обвалы и оползни в скальных породах.

В региональном плане на территории Тянь-Шаня они распространены квазиравномерно и тяготеют к тектоническим разломам и сейсмогенерирующим зонам. Существующие оползни и обвалы этой категории в

основном крупномасштабные и значительных объемов, как правило, находятся в стабильном состоянии либо временно устойчивы. При повторных сейсмических воздействиях, при экстремальных экзогенных или техногенных процессах возможны их вторичные деформации, как смещения всего оползневого тела, так и отдельных его частей. Для большинства сейсмогенных оползней и обвалов (рис. 35, 37) образование и продолжительность основного смещения определяется временем сейсмического воздействия, и/или они разгружаются в течении двух - трех лет после воздействия дополнительных других экзогенных процессов и в ряде случаев повторные землетрясения играют роль «спускового механизма» для разгрузки подготовленных к смещению оползней.

Скорость процессов гравитационного смещения изменяется в весьма широких пределах, от 100 м/сек, при падении и обрушении пород при обвалах, до практически незаметных смещений, связанных с медленным оползанием (крипом) и измеряется лишь несколькими метрами в столетие.

В действительности все перемещения такого рода происходят эпизодически или циклически. В одни периоды склон остается относительно устойчивым, в другие - его устойчивость снижается, и начинается движение материала, которое приобретает катастрофический характер при потере устойчивости и возрастании кинетической энергии движущегося оползня. Активизация смещения может быть вызвана какими-либо регулярно повторяющимися явлениями, такими как сезонные дожди, таяние снега, или оттаивание грунта, землетрясения и солнечная активность, имеющие периодический характер.

В условиях резко расчлененного рельефа, оползни – явления довольно обычные. Однако их масштабы не столь значительны, а наиболее крупные из них происходят редко и относятся к разряду сейсмогравитационных. К подобным сейсмогравитационным смещениям крупных масс в зоне разломов относятся: оползни-обвалы объемом до 10 млн. м³, к примеру, оползень выше села Белогорка (рис. 35), вызванный Беловодским землетрясением 1885 г. (M=6,9); оползни-обвалы, возникшие при Кеминском землетрясении 1911 г. (M=8,3), один из которых Жарылган-Тоо объемом свыше 7 млн. м³ в районе с. Ананьево.

В горных районах наблюдаются гигантские катастрофические оползни-обвалы более нескольких миллиардов кубических метров пород. Один из таких обвалов произошел в 1911 г. на Памире, когда в результате

обрушения 2,2 млрд. м³ пород образовалось огромное подпрудное Сарезское озеро с объемом воды свыше 16 км³ и площадью около 80 км². Примерно таким же образом в результате обвала при землетрясении в Кыргызстане возникли: озеро Сары-Челек; озера в верховьях реки Кара-Суу (восточная), озеро Кара – Суу и ряд других.

Обвалоопасные участки горных склонов встречаются на некоторых участках автомобильных дорог (Бишкек-Ош, Ош-Хорог, Ала-Бука-Каныш.-Кия и др.), железной дороги Бишкек-Балыкчи, а также на ряде карьеров Макмал, Кумтор и др. Интенсивное развитие обвалов наблюдается на крутых горных склонах, бортах ущелий и каньонов рек Нарын, Кекёмерен, Кара-Суу, Тар, Гульча и многие др. (рис. 31, 34, 36, 38-40).



Рис. 34. Оползень над железнодорожной галереей по маршруту Бишкек-Балыкчи в Боомском ущелье в районе 115-го километра автомобильной дороги (фото С.А.Ерохина). Это активный оползень, угрожающий железной дороге разрушением галереи. Проводится регулярная расчистка оползневого завала, надвигающегося на галерею.



Рис. 35. Сейсмосрыв в с. Белогорка Сокулукского района во время Беловодского землетрясения 1885 г.

(фото И.А.Торгоева .)

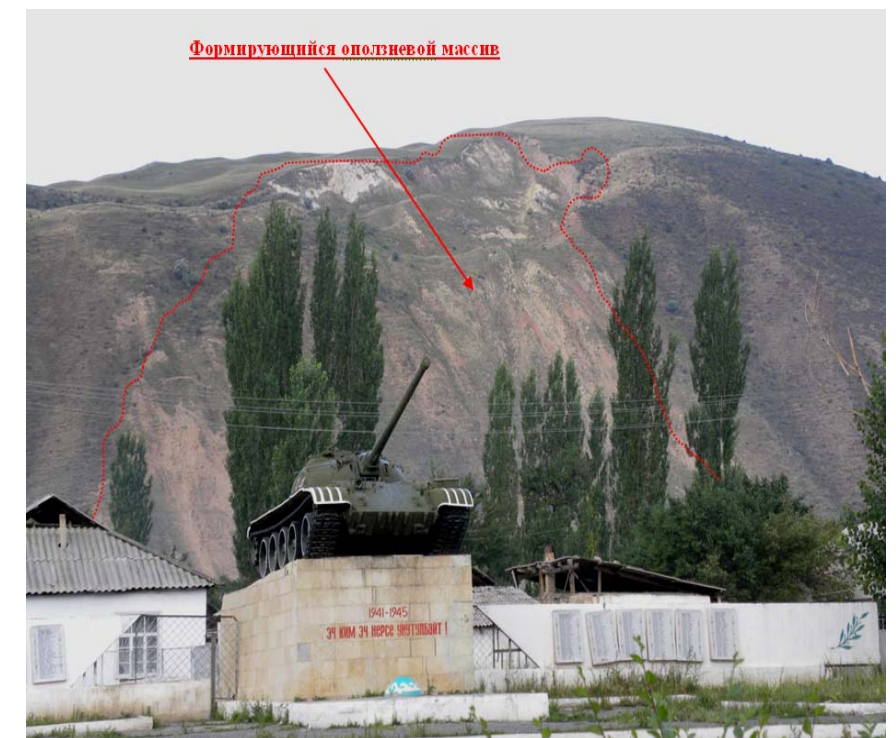


Рис. 36. Формирующийся оползень над центром с. Гульча Кара-Кульджинского района, угрожающий части с. Гульча (фото Ермолова А.А.)



Рис. 37. Сейсмосрыв в районе с. Ылай-Тала Каракульджинского района (фото Мелешко А.В.)



Рис. 38. Древний оползень в Каракульджинском районе на левом борту р. Тар (фото Мелешко А.В.)

4.3. История значимых событий

В отличие от южных районов на севере Кыргызстана (Таласский, Кыргызский хребты, Кунгей-Алатоо, Терскей-Алатоо, Суусамырская долина) оползни имеют не площадной характер, а единичные развития. Они проявляются отдельными участками в полосе предгорий хребтов, в местах распространения глинисто-мергелистых и

пластичных пород плиоценового возраста, неоген-четвертичных отложений.



Рис. 39. Древний оползень, перекрывший долину реки Кара-Суу, вблизи современного города Кара-Куль Токтогульского района (фото Мелешко А.В.)



Рис. 40. Древнеоползневые склоны. г. Каракуль Токтогульского района (фото Мелешко А.В.)

Из-за небольшой мощности покровных четвертичных отложений на горных склонах севера Кыргызстана преобладают относительно небольшие оползни, чаще в виде

оплывин и поверхностных сплывов, а довольно значительное количество древнеоползневых дислокаций, дешифрируемых по космоснимкам, находятся в стабильном состоянии. Однако, наметившееся в последние годы изменение климатических условий – повышение среднегодовых температур воздуха, изменение внутригодового режима осадков со значительным их увеличением в весенний и осенний периоды, летние засухи, а также повышение сейсмической активности уже повлияло на активизацию оползневых процессов. Исследования, выполненные Госгеолагентством с 2002 г. показывают, что произошла значительная активизация древних оползней, а также образовались новые оползни в северном регионе республики.

Специфика горных территорий состоит в том, что процессы гравитационного перемещения масс не представляют собой какой-то экстраординарный феномен, а являются отражением закономерно развивающейся геологической жизни той или иной горноскладчатой области. Следовательно, и в дальнейшем следует ожидать возникновения подобных явлений, прогнозировать которые необходимо в целях предотвращения опасных последствий и уменьшения экономического, экологического и социального

ущерба.

Проблему защиты населения от опасных проявлений оползней и других процессов и явлений решали в разные годы несколько ведомств: Госгеолагентство (раньше Управление геологии СССР), Министерство сельского и водного хозяйства, Министерство транспорта и коммуникаций, Министерство строительства, Министерство

энергетики СССР. В последние годы защитой от опасных экзогенных геологических процессов, в том числе изучением опасных обвально-оползевых процессов, активно занимается МЧС КР.

Оползневая служба организована в 1954 году при Управлении геологии Кыргызской Республики, которая базировалась в г. Джалал-Абад, и с 1968 г. - в г. Ош.

По данным предыдущих исследований установлено, что большое количество оползней образовалось в многоводные годы с большим выпадением атмосферных осадков, какими были 1953-1954, 1969, 1978-79, 1988, 1994, 1998, 2002- 2004 годы, и во время сильных землетрясений.

На территории Кыргызстана в зоне возможного

поражения оползневыми процессами различной степени находится более 300 населенных пунктов. Каталог наиболее значимых оползней представлен в Приложении 3.

В заключении этого раздела следует сказать несколько слов о возможных бедствиях, первопричиной которых является производственная деятельность человека. На рисунке 41 показаны места захоронения токсичных и радиоактивных отходов производства, накопление которых началось с 1940 года. К настоящему времени на территории Кыргызстана расположено около 90 опасных отвалов радиоактивных и токсичных отходов производства. Риск разрушения этих отвалов создает потенциальную опасность

загрязнения окружающей среды. Горный рельеф и тектоническая активность региона определяют факторы, которые значительно увеличивают этот риск, среди них:

- землетрясения,
- процессы эрозии почв, наводнения, сели, оползни,
- близость расположения мест захоронения отходов к руслам рек.

На рисунке 42 показаны участки территории, которые будут подвержены загрязнению в случае нарушения отвалов. На рисунке видно, что в таком случае риску подвергается не только территория Кыргызстана, но также участки территорий Таджикистана, Узбекистана и Казахстана [Kyrgyzstan's Uranium Tailings, 2008].

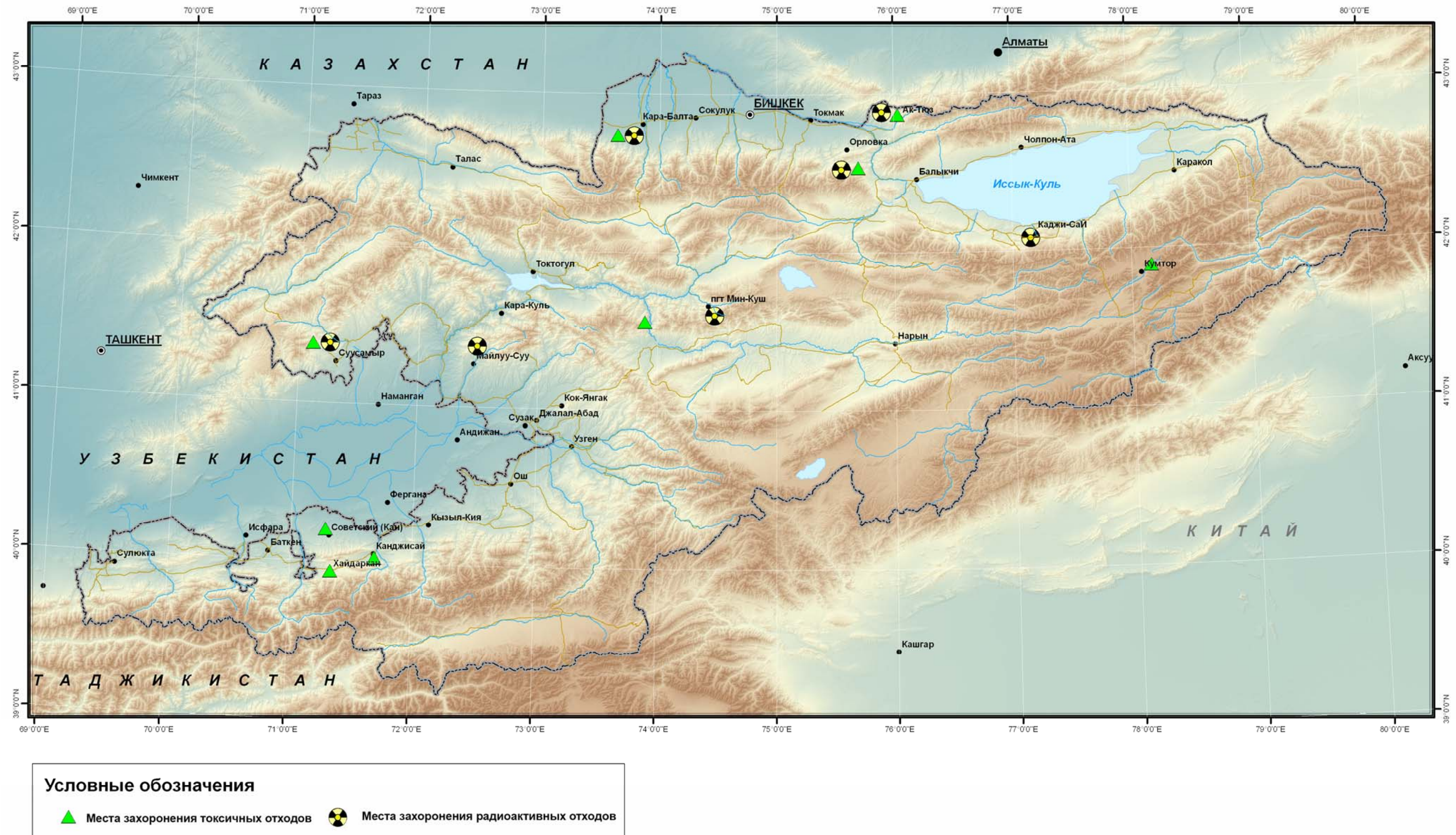


Рис.41. Места захоронений радиоактивных и токсичных отходов по [Kyrgyzstan's Uranium Tailings, 2008].

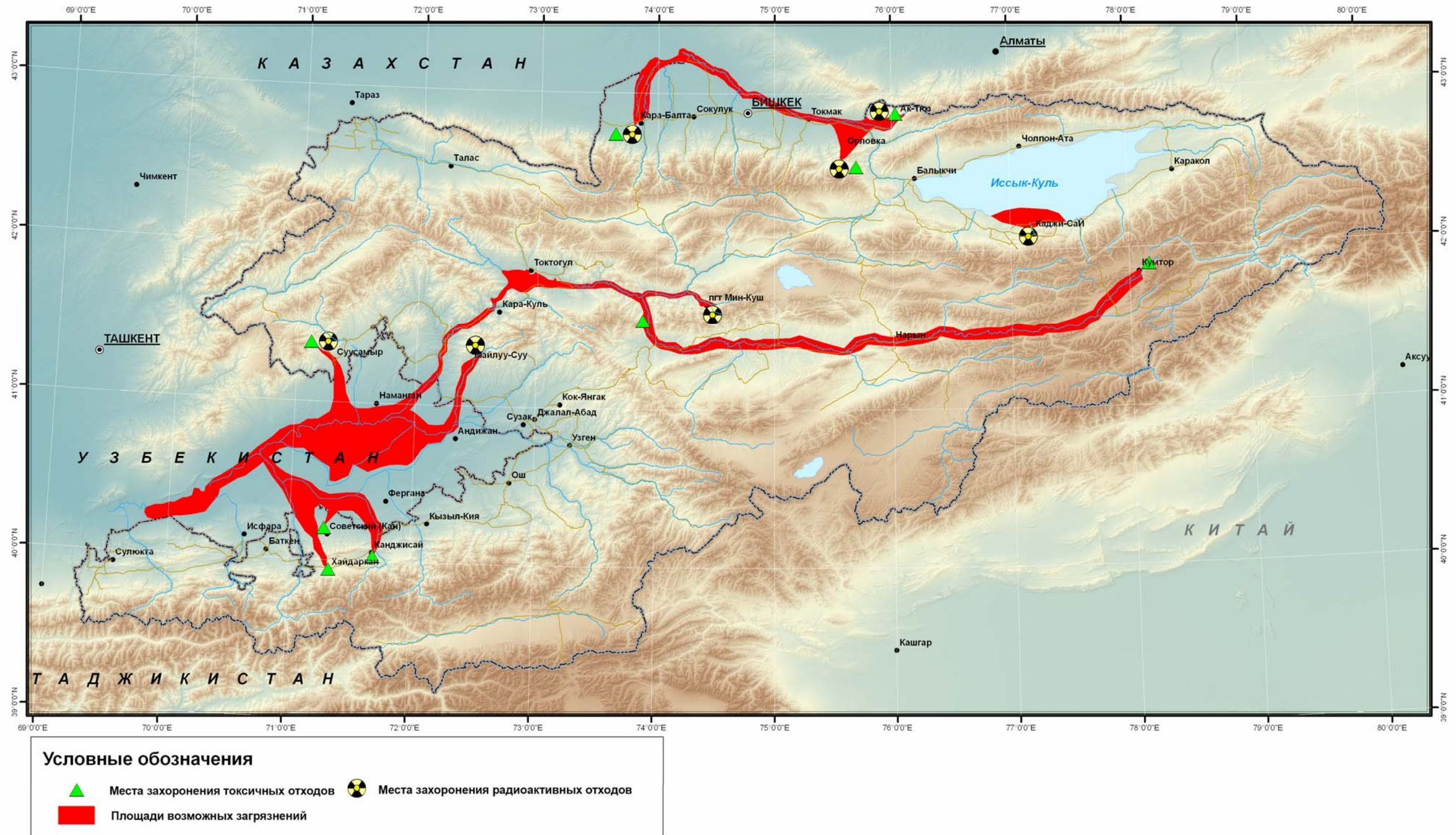


Рис. 42. Возможные площади загрязнений при прорывах захоронений по [Kyrgyzstan's Uranium Tailings, 2008].

Литература

Абдрахматов К.Е. (отв.ред.) (1993) Детальное сейсмическое районирование Иссы-Кульской впадины. Бишкек: Илим, 1993

Абдрахматов К.Е., Омуралиев М.О. и Ормуков Ч. (2008) Землетрясение Нура. // Известия НАН КР, 2008, №4

Абдрахматов К.Е., Томпсон С., Уелдон Р., Дельво Д., Клеркс Ж. (2001) Активные разломы Тянь-Шаня // Наука и новые технологии. -2001.-№2.-Бишкек.

Абдрахматов К.Е., Уелдон Р., Томпсон С., Бурбанк Д., Рубин Ч., Миллер М., Молнар П., (2001) Происхождение, направление и скорость современного сжатия Центрального Тянь-Шаня (Киргизия) // Геология и геофизика. 2001. Т.42, № 10.

Абрамова И.Б. и Лопатия Т.А. (1981) Некоторые сведения об очаге Исфара-Баткенского землетрясения // Исфара-Баткенское и Таваксайское землетрясения 1977г. – Ташкент: Фан, 1981

Адамова А.А., Миркин Е.Л. (2006) Критерии выделения зон возможных очагов землетрясений // Земная кора и верхняя мантия Киргизского Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. Бишкек. Илим. 2006.

Бабаев А.М., Ишук А.Р. и Негматуллаев С.Х. (2008) Сейсмические условия территории Таджикистана. Душанбе, 2008.

Баженов М.Л., Миколайчук А.В (2004) Формирование структуры Центральной Азии к северу от Тибета: синтез палеомагнитных и геологических данных. // Геотектоника. 2004 . No 5.

Бакиров А.Б. (2008) Влияние палеозойского основания на особенности новейшей тектоники Тянь-Шаня (на примере Ферганской вихревой структуры) // Тезисы Четвертого Международного Симпозиума «Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геозеологические проблемы» Бишкек, 15-23 июня, 2008.

Бакиров А.Б. Эволюция литосферы Тянь-Шаня (1999) // Изв. НАН Кыргызской Республики. Проблемы геологии и географии в Кыргызстане. 1999. С.3-14.

Батюшкова И.В. (1959) Представления о причинах землетрясений в работах отечественных ученых. Москва: Изд-во АН СССР, 1959

Беленович Т.Я. (1992) Современная геодинамика Тянь-Шаня по сейсмологическим данным. // Автореф. дисс. докт. г.-м. наук. Москва: МГУ, 1992.

Богачкин Б.М., Корженков А.М., Мамыров Э., Нечаев Ю.В., Омуралиев М., Петросян А.Э., Плетнев К.Г., Рогожин Е.А., Чаримов Т.А. (1997) Структура очага Сусамырского землетрясения 1992г. на основании анализа его геологических и сейсмологических проявлений // Физика Земли. 1997. № 11.

Богданович К.И. (1909). Землетрясение в Мессинге 28 декабря 1908 года и в Сан-Франциско 16 апреля 1906 года. С-Пб 1909

Богданович К.И., Карк И.М., Корольков Б.Я. Мушкетов Д.И. (1914) Землетрясения в северных цепях Тянь-Шаня 12 декабря 1910 года (4.1.1911г.) // Труды Геол. Ком. Новая сер.-Вып. 89, 1914

Борисов Б.А., Рейснер Г.И., Шолто В.Н. (1975) Выделение сейсмоопасных зон в альпийской складчатой области. Москва: Наука, 1975.

Бунэ В.И., Гзовский М.В., Запольский К.К., Кейлис-Борок В.И., Крестников В.Н., Малиновская Л.Н., Нерсесов И.Л., Павлова Г.И., Раутиан Т.Г., Рейснер Г.И., Ризниченко Ю.В. и Халтурин В.И. (1960) Методы детального изучения сейсмичности. Тр. Ин-та Ф.З. № 9(176), Москва: Изд-во АН СССР, 1960

Бунэ В.И., Горшков Г.П. (ред.) (1980), Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978 (КСР, 1978). Москва: Наука, 1980

Буртман В.С. (2006) Тянь-Шань и Высокая Азия. Тектоника и геодинамика в палеозое. Москва. ГЕОС. 2006.

Буртман В.С., Пейве А.В., Руженцев С.В (1963) Главные сдвиги Тянь-Шаня и Памира // Разломы и горизонтальные движения земной коры. (Труды ГИН АН СССР, Вып.80) М: Изд-во АН СССР, 1963.

Геологическая карта Киргизской ССР (1980) Масштаб 1:500 000 /Ред. С.А.Игембердиев. Л.: Мингео СССР, 6 листов. 1980

Гзовский М.В (1975) Основы тектонофизики. М. Наука, 1975.

Гир Дж. и Шах Х. (1988) Зыбкая твердь. Москва: Мир, 1988

Голицин Б.Б. (1960) Избранные тр., т. 2. М: АН СССР, 1960

Горбин Н.И., Джанузаков К.Д. (1983) Исследование энергетической представительности и эффективности сети сейсмических станций Киргизии. // Геофизические исследования сейсмогенных зон Киргизии. – Фрунзе: Илим, 1983

Грин В.П., Ильясов Б., Ким Н.А. и др. (1978) Основные результаты исследований на Фрунзенском прогностическом полигоне // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли, 1978, № 11.

Горбунова И.В. и Кальметьева З.А. (1988) Экспериментальные характеристики излучения очагов слабых землетрясений. Фрунзе: Илим, 1988.

Горячев А.В. (1954) Сейсмичность Киргизии. // Геология СССР. Том XXV. Москва: Государственное Научно-Техническое Издат-во Литературы по Геологии и Охране Недр., 1954

Грин В.П., Джанузаков К.Д., Ильясов Б.И., Кнауф В.И., Трофимов А.К., Утиров Ч.У., Чедия О.К. (1975) Комплексная карта детального сейсмического районирования Чуйской впадины и ее горного обрамления. // Опыт комплексного сейсмического районирования на примере Чуйской впадины. Фрунзе: Илим, 1975

Грин В.П., Джанузаков К.Д., Ильясов Б.И., Кнауф В.И., Чедия О.К., Юдахин Ф.Н. (1980) . Методика детального сейсмического районирования на основе комплексных исследований. // Детальное сейсмическое районирование. Москва: Наука, 1980

Грин В.П. и Кнауф В.И. (1978) К вопросу о пространственно-временных закономерностях сейсмичности и связи ее с геологическими структурами. // Результаты комплексных геофизических исследований в сейсмоопасных зонах. Москва: Наука, 1978

Грин Т.П. и Кальметьева З.А. (1978) Определение скоростных разрезов и глубин землетрясений при детальных сейсмологических наблюдениях // Геолого-геофизическая характеристика сейсмогенных зон Киргизии. Фрунзе: Илим, 1978

Губренко М.В. (2010) Роль активных разломов в развитии обвалов и оползней Северного Тянь-Шаня. // Изв. НАН КР 2010, в печати.

Дельво Д., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н, Стром А.Л (2001) Оползни и разрывы Кеминского землетрясения 1911 г. С Ms 8,2 в Киргизии // Геология и геофизика. 2001. Т.42, № 10.

Джанузаков К.Д. (1984) Изучение сейсмичности // Детальное сейсмическое районирование в горных областях. Фрунзе: Илим, 1984.

Джанузаков К.Д., Ильясов Б.И. и др. (1997) Суусамырское землетрясение 19 августа 1992 г. // Землетрясения Северной Евразии в 1992 г. – М.: Геоинформмак, 1997

Джанузаков К.Д., Ильясов Б.И., Кнауф В.И., Королев В.Г., Христов Е.В. и Чедия О.К. (1977) Сейсмическое районирование Киргизской ССР. [Объяснительная записка к новой карте сейсмического районирования Киргизии масштаба 1:2 500 000]. Фрунзе: Илим, 1977.

- Джанузаков К.Д., Омуралиев М., Омуралиева А., Ильясов Б.И. и Гребенникова В.В. (2003) Сильные землетрясения. Бишкек: Илим, 2003
- Емельянова Е.П. (1972) Основные закономерности оползневых процессов. М.: Недра, 1972.
- Землетрясения в СССР (1964-1994) // Ежегодники за 1962-1991гг. М.: Наука, 1964- 1994.
- Землетрясения Северной Евразии (1994 -) // Ежегодники с 1992 г. Обнинск: ГС РАН
- Землетрясения Средней Азии и Казахстана (1981 -) // Ежегодники за 1979-1992 гг. Душанбе: Дониш
- Земцова А.Г. (1982) Сейсмические кода-волны и оценка магнитуд землетрясений Киргизии. // Методы и результаты исследования сейсмоактивных зон Киргизии. – Фрунзе: Илим, 1982
- Зубович А.В. (2005) Данные спутниковой геодезии о современных движениях земной коры // Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия). Москва: Научный Мир, 2005.
- Зубович А.В., Бейсенбаев Р.Т., Ван Сяочан, Джан Юнфен, Кузиков С.И., Мосиенко О.И., Нусипов Е.Н., Щелочков Г.Г., Щерба Ю.Г. (2004) Современная кинематика Тарим - Тянь-Шань –Алтайского региона Центральной Азии (по данным GPS измерений). // Физика Земли, 2004, № 9.
- Зубович А.В., Макаров В.И., Кузиков С.И., Мосиенко О.И., Щелочков Г.Г. (2007) Внутриконтинентальное горообразование в Центральной Азии по данным спутниковой геодезии. // Геотектоника, 2007, № 1.
- Зубович А.В., Миколайчук А.В., Кальметьева З.А., Мосиенко О.И. (2009) Современная геодинамика района Нурина землетрясения М=6.6 (Памиро-Алай) // Пятые научные чтения Ю.П. Булашевича: Геодинамика, глубинное строение, тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей. 06-10 июля 2009. Екатеринбург, 2009
- Ибрагимов Р.Н. (1978) Сейсмогенные зоны Тянь-Шаня. Ташкент: Фан, 1978
- Ильясов Б.И., Эшперова А. и Токбаева С. (1992) Каталог землетрясений Чуйской впадины и ее горного обрамления. Бишкек: Илим, 1992
- Ильясова А., Ильясов Б.И., Лопатина Т.А., Меджитова З.А. и Мамбеталиева М.Ю. (1980) Землетрясения Чуйской впадины и ее горного обрамления по данным детальных сейсмологических наблюдений. // Сейсмогеология и сейсмичность Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1980
- Калмурзаев К.Е. (ред.) (1984) Детальное сейсмическое районирование в горных областях. Фрунзе: Илим, 1984
- Калмурзаев К.Е., Кнауф В.И., Юдахин Ф.Н., Джанузаков К.Д., Трофимов А.К. (1977) Предварительные результаты изучения Исфара-Баткенского землетрясения 31 января 1977 года. Изв. АН Кирг.ССР, 1977, № 5.
- Кальметьева З.А. (2005) Сейсмичность: пространственно-временное распределение, механизмы очагов и природа землетрясений. // Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия). Москва: Научный мир, 2005
- Кальметьева З.А. (2006) Механизмы очагов землетрясений. // Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. Бишкек: Илим, 2006
- Кальметьева З.А., Абдыраева Б., Абдыкадыров А.А. и др. (2002-2004) Механизмы очагов землетрясений Центральной Азии. // Ежегодник «Землетрясения Северной Евразии». М.: ОИФЗ РАН, 2002, 2003, 2004.
- Кальметьева З.А., Гребенникова И.И. и Мосиенко Е.В. (2003) Поле напряжений Киргизского Тянь-Шаня. // Геодинамика и геоэкологические проблемы высокогорных регионов. Сб. мат-лов 2 Междунар. Симп. Москва-Бишкек: Изд. Дом «Printhouse», 2003
- Кальметьева З.А., Лесик О.М. (1983) О связи Исфара-Баткенского и Хайдаркенского землетрясений с разрывной тектоникой. // Геофизические исследования сейсмогенерирующих зон Киргизии. Фрунзе, Илим, 1983
- Касымов С.М., Джураев А., Мадатов П., и Абдурахманов С. А. (1981) Карта изосейст Исфара-Баткенского землетрясения 31 января 1977г. // Исфара-Баткенское и Таваксайское землетрясения 1977г. Ташкент: Фан, 1981.
- Ильясов Б.И., Кальметьева З.А., Молдобекова С.К., Соколова Н.П., Чеховская Р.А. (2003) Каталог землетрясений Кыргызстана в 2002 году. Бишкек: Илим, 2003;
- Ильясов Б.И., Кальметьева З.А., Молдобекова С.К., Соколова Н.П., Чеховская Р.А. (2004) Каталог землетрясений Кыргызстана в 2003 году. Бишкек: Илим, 2004;
- Кальметьева З.А., Ильясов Б.И., Молдобекова С.К., Соколова Н.П., Чеховская Р., Шукуров У.Ш. (2006) Каталог землетрясений Кыргызстана в 2004 году. Бишкек: Илим, 2006;
- Кнауф В.И. (1982) Сейсмогеология и сейсмическое районирование Киргизии. // Изв. АН Кирг.ССР, 1982, № 3.
- Кнауф В.И. (редактор). (1988) Детальное сейсмическое районирование Восточной Киргизии. 1988, Фрунзе, Илим.
- Кнауф В.И., Миколайчук А.В., Нурманбетов К., Христов Е.В., Шилов Г.Г. (1985) Геологическая среда возникновения землетрясений Киргизии. Фрунзе, Илим, 1985.
- Кондорская Н.В., Аранович З.И., Соловьева О.Н., Шебалин Н.В. (отв. составители) (1981) Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой Системы Сейсмических Наблюдений СССР. Москва: Наука, 1981
- Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. (отв. ред.) (1977) Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР (с древнейших времен до 1975г.) М.: Наука, 1977
- Копничев Ю.Ф., Михайлова Н.Н. (1990) Геодинамические процессы в очаговой зоне Байсоорунского землетрясения 12 ноября 1990 г. // Докл. РАН.-2000.-Т.373.-№ 1.
- Корженков А. М. (2006) Сейсмогеология Тянь-Шаня. Бишкек, Илим, 2006.
- Курскеев А.К., Шацков В.И. (2000) Современная геодинамика и сейсмичность Тянь-Шаня // Геология и минерагения Казахстана. Алматы: Казгео, 2000.
- Кучай В.К. (1971) Использование палеосейсмодислокаций при изучении сейсмического режима (на примере плейстоценовой области Чаткальского землетрясения 1946 г.) // Геология и Геофизика. 1971, № 4.
- Кучай О.А., Бушенкова Н.А. (2009). Механизмы очагов землетрясений Центральной Азии. Физическая мезомеханика, 2009. т.12, № 1
- Кучай О.А., Бушенкова Н.А. (2008). Сейсмичность и механизм очагов коровых землетрясений Центральной Азии // Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы, тезисы докладов четвертого международного симпозиума, г.Бишкек 15-20 июня, 2008
- Мамыров Э.М., Корженков А.М., Орлова Л.А., Погребной В.И., Раст Д., Стром А.Л., Фортуна А.Б., Бобровский А.Б., Гребенникова В.В., Маханькова В.А., Нурманбетов К. (2009) Геодинамика Таласо-Ферганского разлома Тянь-Шаня и стихийные бедствия на территории Центральной Азии. Бишкек: Арашан-Дом печати, 2009.
- Макаров В.И. (1977) Новейшая тектоническая структура Центрального Тянь-Шаня. М.: Наука, 1977.

- Макаров В.И. (отв. редактор) (2005) Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования. Москва: Научный мир, 2005
- Макаров В.И., Абдрахматов К.Е., Томсон С. (2005) Современные движения земной коры по геологическим данным// Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия). Москва: Научный Мир. 2005.
- Мамыров Э., Омуралиев М.О., Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д., Сарногоев А.К., Омуралиева А.М. (2001) Порядок долгосрочной оценки уровня сейсмической опасности на территории Кыргызской Республики. //Система нормативных документов в строительстве СП-22-03-01. Бишкек, 2001
- Мелешко А.В.(2000) О тренде оползневых процессов юга Кыргызстана. //Наука и новые технологии. Бишкек, 2000.
- Методы детального изучения сейсмичности.(1960) Труды Института Физики Земли, № 9 (176), Москва: Изд-во АН СССР, 1960
- Миколайчук А.В., Сатыбеков М.Б., Гордеев Д.В. (2008) Формирование (кинематика и становления) внутригорных впадин Тянь-Шаня.//Тезисы Четвертого Международного Симпозиума «Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геозоологические проблемы» Бишкек, 15-23 июня, 2008.
- Миколайчук А.В., Собел Э., Губренко М.В., Лобанченко А.Н. (2003) Структурная эволюция северной окраины Тяньшаньского орогена// Изв. НАН Кыргызской Республики. 2003. No 4.
- Мирзобаев Х.М., Джураев Р.У., Шварц А.В. (1981) Остаточные деформации грунтов при исфара-Баткенском землетрясении 31 января 1977 г.//Исфара-Баткеское и Таваксайское землетрясения 1977 г. – Ташкент: Фан, 1981
- Михайлова Н.Н., Неверова Н.П. (1986) Калибровочная функция для определения МРVA землетрясений Северного Тянь-Шаня//Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне. Алма-Ата: Наука, 1986
- Молдобеков Б.Д., Сарногоев А.К., Усупаев Ш.Э., и др (1977). Прогноз стихийных бедствий на территории Кыргызской Республики. Бишкек, Алл-Пресс, 1997
- Мониторинг, прогноз и подготовка к реагированию на возможные активизации опасных природных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики и приграничных районах с государствами Центральной Азии. (2006) Бишкек, МЧС КР, 2006. (коллективная монография, под общей редакцией профессора Усупаева Ш.Э.)
- Мухамедиев Ш.А. (2008) Предотвращение сильных землетрясений: реальная цель или утопия. / Материалы Международной конференции «Проблемы оценки сейсмической опасности и снижения последствий землетрясений» 16-18 октября 2008года, Ташкент, 2008
- Мушкетов Д.И. Курс общей геологии. (1934) Москва-Ленинград-Новосибирск: Горгеонефтеиздат, 1934
- Мушкетов И.В. Физическая геология, т. I (1899) С-Петербург: типография Эрлиха, 1899
- Мушкетов И.В. и Орлов А.П. (1893) Каталог землетрясений Российской Империи//Зап. РГО. Т. 26.-СПб., 1893.
- Нерсесов И.Л., Грин В.П. и Джанузаков К.Д. (1960) О сейсмическом районировании бассейна реки Нарын. Фрунзе: Изд-во АН Кирг.ССР, 1960
- Никонов А.А., Ваков А.В., Веселов И.А. (1983) Сейсмоструктурная и землетрясения зоны сближения Памира и Тянь-Шаня. Москва: Наука, 1983.
- Ниязов Р.А. (1982) Формирование крупных оползней Средней Азии. Ташкент, ФАН Уз. ССР, 1982.
- Орлов А.П. (1887) Землетрясения и их соотношения с другими явлениями природы. Казань, 1887.
- Рихтер Ч.Ф.(1963) Элементарная сейсмология (перевод с английского). Москва: Издательство Иностранной литературы, 1963
- Розова Е.А. (1950) Расположение эпицентров и гипоцентров землетрясений Средней Азии. М.: Изд-во АН СССР, 1950
- Розова Е.А. (1936) Составление годографов и определение основных сейсмических элементов для Ср. Азии.-Тр. Сейсмол. Ин-та АН СССР, 1936, № 72
- Розова Е.А. (1957) О сейсмичности Средней Азии. //Бюл. Совета по сейсмологии, 1957, № 6
- Розова Е.А. и Грин В.П. (1955) Расположение эпицентров землетрясений, происшедших на территории Киргизии. Фрунзе: Изд-во АН Кирг.ССР, 1955.
- Сабитова Т.М., Багманова Н.Х., Миркин Е.Л. (2009) Скоростные неоднородности литосферы Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. //Сборник материалов 4-го Международного Симпозиума 15-20 июня 2008 года. Москва-Бишкек, 2009.
- Саваренский Е.Ф. и Кирнос Д.П.(1955) Элементы сейсмологии и сейсмометрии. Москва: Гос.Изд-во Техничко-Теоретической Литературы, 1955
- Саваренский, Соловьев, Хатин (ред.) (1962) Атлас землетрясений в СССР. Москва: Изд-во АН СССР, 1962.
- Садыбакасов И.С. (1990) Неотектоника Высокой Азии. М.: Наука, 1990. 180
- Сейсмическое районирование Кыргызской ССР (1977) [Объяснительная записка к новой карте сейсмического районирования Киргизии масштаба 1:2 500 000]. Фрунзе: Илим, 1977
- Тектоническая карта Казахстана. (2007) Масштаб 1: 1 000 000. /Редакторы: Ужкенов Б.С., Кошкин В.Я., Цирельсон Б.С., Аубекеров Б.Ж. Алматы, 2007.Объяснительная записка.
- Токмулин Ж.Ф. (ред.) (1992) Типовые геолого-геофизические модели сейсмичных и асейсмичных районов. Бишкек: Илим, 1992.
- Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. (2009) Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек. Илим, 2009.
- Торгоев И.А., Алешин Ю.Г., Молдобеков Б.Д., Мелешко А.В. (1997) Генетические факторы развития оползней в бассейне реки Майлуу-Суу // Вопросы геомеханики и разработки месторождений полезных ископаемых. Бишкек: Илим, 1997.
- Трифонов В.Г. (1999) Неотектоника Евразии. // Труды ГИН РАН, Вып. 514 Москва. Научный мир, 1999.
- Трифонов В.Г., Артюшков Е.В., Додонов А.Е., Бачманов Д.М., Миколайчук А.В., Вишняков Ф.А. (2008) Плиоцен-Четвертичное горообразование в Центральном Тянь-Шане //Геологи и геофизика. 200., том 49., № 2.
- Трифонов В.Г., Карахатян А.С. (2008) Динамика Земли и развитие общества. ОГИ. Москва. 2008.
- Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. (2002) Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса. // Труды ГИН РАН , Вып. 541. Москва. GEOS, 2002.
- Трофимов А.К., Удалов Н.Ф. . Уткина, Н.Г., Фортуна А.Б., Чедия О.К., Язовский В.М. (1976) Геология кайнозоя Чуйской впадины и ее горного обрамления (Отв. Ред. О.К.Чедия), Ленинград: Наука, 1976.
- Турдукулов А.Т. (ред.) (1996) Карта сейсмического районирования Кыргызской Республики. Бишкек: Илим, 1996

- Утиров Ч.У. (1997) Зависимость оползней и обвалов от геологического строения и сейсмичности Чуйской впадины и ее горного обрамления // Изв. НАН КР. Эхо науки. 1997. N 2-3.
- Утиров Ч.У., Губренко М.В. (2003) Оползни и обвалы Бишкекского прогностического полигона на северном склоне Кыгызского хребта и его предгорий// Геодинамика и геоэкологические проблемы высокогорных регионов. Сборник материалов Второго международного симпозиума (29 октября-3 ноября). Москва – Бишкек. 2003.
- Хаин В.Е., Халилов Э.Н. (2008) Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9
- Чедия О.К. (1990) Аксуйский грабен в новейшей структуре хребта Кунгей Ала-Тоо (Северный Тянь-Шань)// Известия АН КиргССР. Физ.-техн. и матем. науки. 1990. № 1.
- Чедия О.К. (1986) Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1986.
- ЭС (Энциклопедический словарь) (1894) Том XII Издатели: Брокгауз Ф.А.(Лейпциг) и Ефрон И.А. (Санкт-Петербург), 1894.
- ЭС (Энциклопедический словарь) (1914) Издатели: Брокгауз Ф.А.(Лейпциг) и Ефрон И.А. (Санкт-Петербург), 1914.
- Abdrakhmatov K.Ye., Aldazhanov S.A., Hager B.H., Hamburger M.W., Herring T.A., Kalabaev K.B., Makarov V.I., Molnar P., Panasyuk S.V., Prilepin M.T., Reilinger R.E., Sadybakasov I.S., Souter B.J., Trapeznikov Yu.A., Tsurkov V.Ye., Zubovich A.V. (1996) Relatively construction of the Tien Shan inferred from GPS measurements of present-day crustal deformation rates. // Nature , Vol 384, December, 1996.
- Bazhenov M.I. (1993) Cretaceous paleomagnetism of the Fergana basin and adjacent ranges, Central Asia - Tectonic implications// Tectonophysics, 1993. Volume: 221, Issue: 2
- Burg J.-P., Mikolaichuk A.V.(editors). (2008) Digital Geological and Natural Hazard Maps of the Inner Tien-Shan (Kyrgyzstan), 2008. SNSF, Project No IB7320-110694
<http://www.kyrgyzstan.ethz.ch>
- Burtman, V.S. (2000) Cenozoic crustal shortening between the Pamir and Tien Shan and a reconstruction of the Pamir–Tien Shan transition zone for the Cretaceous and Paleogene //Tectonophysics, v. 319.
- Chediya O.K., Abdrakhmatov K. E., Korzhenkov A.M. Lemzin I. N. (1998) Seismotectonic Position of the Balasogun, North Tien Shan Earthquake of the 15 th century // Journal of Earthquake Prediction Research. 1998. No 7.
- Chediya O.K., Abdrakhmatov K. E., Lemzin I. N., Mihel G. and Michailiev V. (2000) Issyk-Ata, North Tien Shan Fault in the Holocene // Journal of Earthquake Prediction Research. 2000. No 8.
- Cobbold P.S., Sadybakasov E. and Thomas J.C. (1994) Cenozoic transpression and basin development, Kyrgyz Tien-Shan, Central Asia//Geodynamic Evolution of Sedimentary Basins. International Symposium, Paris, Technip, 1994.
- Geological map of Xinjiang Uygur Autonomous Region, China (Geological data up to 1983). (1985) Compiled by the Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region/ Editor Chen Zhefu. Published by the Geological Publishing House, 1985
- Ghose S., Mellors R.J., Korjenkov A.M., Hamburger M.W., Pavlis T.L. Pavlis G.L, M. Omuraliev, E. Mamurov, and A.R. Muraliev. (1997) The Ms = 7.3 1992 Suusamyр, Kyrgyzstan earthquake: Aftershock Focal Mechanisms and Surface Deformation// Bull. Seism. Soc. Am. 1997.V.87.
- Havevith H.-B. Jongmans D. Abdrakhmatov K. Trefois P. Delvaux D. and Torgoev I.A. (2000) Geophysical Investigations Of Seismically Induced Surface Effects: Case Study Of A Landslide In The Suusamyр Valley, Kyrgyzstan //Surveys in Geophysic, Special Issue "The Symposium on Geophysical investigation of landslides and unstable slopes", 2000. 21 (4).
- Havenith H.B., Jongmans D., Facciolo E., Abdrakhmatov K. and P-Y. Bard. (2002) Site Effect Analysis around the Seismically Induced Ananevo Pockslide, Kyrgyzstan// Bulletin of the Seismological Society of America. Vol.92, No. 8.
- Havenith H.B., Torgoev I.A., Meleshko A. et al. (2006). Landslides in the Mailuu-Suu Valley, Kyrgyzstan. //Hazard and impacts, LANDSLIDES, Vol.3, №2.
- Herring T.A., King R.W., McClusky S.C. (2006) Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program. //Globk Reference Manual, Release 10.3, Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology, 28 September 2006.
- Istvan Bondar, Stephen C.Myers, E.Robert Engdahl and Eric A. (2002) Epicenter accuracy based on seismic network criteria. //Geophysical Journal International, 2002.
- Keefer, D.K. (1993) The susceptibility of rock slopes to earth-quake induced failure. Association of Engineering Geologists Bulletin, v. 30.
- Kyrgyzstan's Uranium Tailings: Local problem, Regional Consequences, Global Solution (2008). Presentation for International Disaster and Risk Conference. Davos, 2008
- Lahr J. (1994) HYPOELLIPSE: A computer program for determining earthquake hypocentral parameters, magnitude and first motion pattern.// U.S.G.S., Open-File Report, 94-xxx.
- Mellors R.J., Vernon F.L., Pavlis G.L. Abers G.A. Hamburger M.W., Ghose S. and Illiasov B. (1997) The Ms = 7.3 1992 Suusamyр, Kyrgyzstan earthquake: 1. Constraints on fault geometry and source parameters based on aftershocks and body wave modeling// Bull. Seism.Soc. Am. 1997.V.87.
- Mikolaichuk A.V. and Kalmetieva Z.A. (2008) Shear zones and destructive earthquakes of the Central Tien-Shan. Proceedings of the 2nd IASME/WSEAS International Conference on Geology and Seismology (GES'08), Unoversity of Cambridge, UK, February 23-25, 2008.
- Molnar P. and Tapponnier P. (1975) Cenozoic tectonics of Asia:Effects of continental collision// Science. 1975. V.189.
- Mukhamediev Sh.A., Zubovich A.V. and Mosienko O.I. (2010) The contemporary velocity gradient in the Earth's crust of Central Asia determined by GPS measurements. Представлено в Geophysical Journal International.
- Reigber Ch., Michel G.W, Galas R., Angermann D., Klotz J., Chen J.Y., Papschev A., Arslanov R., Tzurkov V.E., Ishanov M.C. (2001) New space geodetic constraints on the distribution of deformation in Central Asia. Earth and Planetary Science Letters 191 (2001), p. 157-165
- Rößner S., Wetzel H.U., Xia Y., Meleshko A.V. and Sarnogoev A.(1999) Investigation of landslide processes in Southern Kyrgyzstan using optical and radar remote sensing in a GIS environment. //EGS 24th General Assembly The Hague, Geophysical Reasearch Abstract, vol. 1, no. 4. 1999.
www.gfz-potsdam.de/pb1/pg5/publications/
- Strecker M. R, Hilley G. E., Arrowsmith J. R., and Coutand I. (2003) Differential structural and geomorphic mountain-front evolution in an active continental collision zone: The northwest Pamir, southern Kyrgyzstan //Geological Society of America Bulletin. Volume 115, Issue 2 (February 2003).
- Strom A.L., Abdrakhmatov K.E. (2004) Clustering of large rockslids: the phenomenon and its possible causes. //Landslides: Evaluation and Stabilization. Taylor and Francis Group. London, 2004.
- Strom A.L., Abdrakhmatov K.E. (2004) Rock Avalanches and Rockslids Dams of the Northern Kyrgyzstan (Kyrhyz Range and Chon-Kemin River Valley). //Field excursion guidebook. June 10th, 2004. Moscow-Bishkek, 2004.
- Strom, A.L., Stepanchikova P. (2008). Seismic triggering of large prehistoric rockslides: Pro and Con case studies. //Proceedings of the International Conference on Management of Landslide Hazard in

the Asia-Pacific Region (Satellite symposium of the First World Landslide Forum, Tokyo), Sendai, 11th – 12th November 2008)

Strom A.L. and Abdrakhmatov K.E. (2004) Clustering of large rockslides: the phenomenon and its possible causes. In: Lacerda W.A., Ehrlich M., Fontoura A.B., Sayao A. (Eds.), *Landslides: Evaluation and stabilization*. Taylor and Francis Group, London.

Su Zongzheng, Abdrakhmatov K.Ye, Cheng Xingyuan, Lemzin I.N., Yuan Zhengming. (1992) Seismotectonic and Seismic rupture of Suusamyр earthquake M 7,3, Kyrgyzstan, 1992. //Earthquake research in Shanxi, 1996. #2.

Thompson S.C. (2001) Active tectonics in the Central Tien Shan, Kyrgyz Republic. // A dissertation submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, University

of Washington, 2001.

Thorne Lay and Terry C. Wallace. (1995) Modern global seismology. //International geophysics series. V.58. San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo and Toronto: Academic Press, 1995

Torgoev I.A., Aleshin Y. and Ashirov G.E. (2008) Influence of climatic conditions on the origin of landslides in Kyrgyzstan (Central Asia). Proceedings of the International Conference on Management of Landslide Hazard in the Asia-Pacific Region, Sendai, Miyagi Prefecture, Japan, 11-12 November 2008.

Trifonov V.G. (2000) Using Active fault for Estimating Seismic Hazard //Journal of Earthquake Prediction Research. 2000. Vol.8. No 2.

Приложение 2.

Каталог сильных землетрясений с исторических времен по 2008 год

Год	Месяц	День	Час	Мин	φ,°N	λ,°E	Н, км	К	Mlh	Io,балл	Наименование	Примечание по данным [Джанузакров и др. 2003]
-250	0	0			42.70	77.50	20	16.1	6.7			
500	1	1			42.70	76.50	20	15.7	6.7			
838	1	1			40.30	71.80	10	13.6	5.3			
1475	1	1			42.60	75.20	20	15.6	6.4			
1494	1	1			41.00	71.60	6	13.2	5.1			
1600	1	1			40.00	76.00	30	14.8	6			
1620	1	1			40.90	71.40	6	14.6	5.8			
1716	1	1			43.20	81.00	30	17	7.5	-	Аксуейское	
1770	1	1			42.77	74.10	15	14.8	6			
1786	6	18			44.00	80.80	15	15	6.5			
1807	1	1			43.10	76.90	20	16	6.7			
1822	9	0			40.30	71.50	12	15.2	6.2			
1823	1	1			40.30	71.50	12	15.2	6.2			
1853	11	1			39.00	76.20		13.8	5.5			
1865	3	22			42.70	73.20	15	15.5	6.4			
1868	4	3	21	15	41.20	69.60	18	15.5	6.5			
1868	8	29	8		42.70	75.90	20	15.3	6.4			
1869	3	25			39.90	69.50	30	13.9	5.5			
1874	1	18	15		42.90	77.40	20	14.6	5.9			
1880	12	1	23	30	43.10	76.90	14	14.3	5.7			
1883	11	14	17		40.60	72.80	12	13.9	5.5	7-8	Ошское	Сопровождалось подземным гулом, имелись разрушения и жертвы. Сильные толчки продолжались 10 дней.
1884	3	13	5	7	42.80	78.20	20	14.4	5.8			
1885	8	2	21	20	42.70	74.10	15	16.5	6.9	9-10	Беловодское	Полностью разрушены Беловодское, Кара-Балта и Сокулук, трещины шириной до 2 м, обвалы, осыпи, оползни. На следующий день толчок почти такой же силы.
1885	9	19	20		41.70	75.80	14	13	5			
1886	11	8			43.00	75.00	28	13.7	5.4			
1886	11	29	4	13	41.40	69.50	26	15.5	6.7			
1887	6	8	23	35	43.10	76.80	20	16.6	7.3	9-10	Верненское	Форшок интенсивностью 5 баллов, спустя 5 мин подземный гул и сильные толчки, г.Верный полностью разрушен. Многочисленные трещины оползни и поверхностные сдвиги, около 400 повторных толчков в течение года. Погибло 330 чел.
1888	9	16	19		42.70	74.80	20	13.7	5.4			
1888	11	28	6	40	40.00	69.80	20	15.3	6.3			
1889	2	25	6	8	43.10	76.90	15	13	5			
1889	7	11	22	14	43.20	78.70	40	18	8.3	10	Чиликское	Разрушено около 3000 построек, реки Тюп и Джергалан изменили первоначальное направление, погибло много людей и скота, ощущалось даже в Павлодаре (960км). Между селениями Уйтал и Созоновка образовались трещины шириной до 5 м, береговая полоса осела уступами в виде гигантской лестницы, били фонтаны из песка и воды высотой до 2 аршинов. Два года продолжались афтершоки. Образовалось много громадных осыпей и обвалов.
1889	7	18	20	30	42.80	74.90	20	14.5	5.8			

1890	2	25	17	30	43.00	78.00	40	15	6.4			
1893	11	4	4	28	42.70	75.80	15	15	6			
1893	11	5	3	30	39.50	69.40	40	14.6	5.9			
1893	12	25		30	41.20	80.30		15.3	6.5			
1894	7	28		30	41.00	71.20	10	13	5			
1895	12	18	13	4	40.00	73.00	15	14.5	6			
1896	1	15	18	40	41.50	70.90	23	15.7	6.6			
1896	9	27	16	27	39.60	73.60	18	14.1	5.6			
1896	11	1	5	1	39.67	75.90	25	15.6	6.6			
1897	9	17	15	10	39.70	69.00	25	15.3	6.5	8	Уратюбинское	Предварялось сильным подземным гулом. В предгорьях Туркестанского хребта обваливание скал, на лесовых склонах трещины шириной до 30см.
1898	6	22		1	39.70	76.70	20	15	6.1			
1902	2	13	3	56	41.40	76.00	15	13.7	5.4			
1902	4	17	21	10	40.00	71.00	30	14.4	5.8			
1902	8	22	3	1	39.80	76.20	40	17.6	7.8	10	Кашгарское	
1902	8	22	15		39.80	76.20	40	15	6.1			
1902	8	22	17	50	39.80	76.20	40	14.7	6			
1902	8	24	1	30	39.80	76.20	30	15.2	6.4			
1902	8	28	18	30	39.80	76.20		14.1	5.7			
1902	9	15		30	39.80	76.20	40	14.8	6			
1902	9	15	2	36	39.80	76.20		14.6	5.9			
1902	9	16	11	40	39.80	76.20	30	14.9	6.2			
1902	9	18	16	45	39.80	76.20		14.4	5.9			
1902	12	16	5	7	40.80	72.30	9	15.6	6.4	9	Андижанское	Три сильных толчка: первый силой 8-9 баллов, второй через 1час 1,5мин 9 баллов и третий через 30мин 8-9баллов. В первые два дня толчки были непрерывными. В Андижане и его окрестностях изменился рельеф, по трещинам произошли сбросы до 70 см, били флнтаны с песком и галькой, изогнуты ж/д рельсы. Погибло 4562 чел., разрушено 26000 построек, убито около 7000 голов скота.
1902	12	19	14	50	39.80	76.20	30	14.9	6.2			
1903	2	4	21		40.00	78.00	30	15	6.1			
1903	3	28	8	55	40.80	72.70	14	15	6.1			
1903	10	19	3	10	39.30	74.50	25	15.2	6.2			
1904	2	4	21		40.00	78.00	30	15	6.1			
1905	3	14	10	42	40.00	76.00	30	14.8	6			
1907	3	11	1	34	41.50	75.00	20	14.1	5.6			
1907	9	15	17	46	40.30	72.50	10	14.6	5.8			
1907	9	19	19	14	40.30	72.50	14	13.9	5.5			
1907	10	21	4	23	38.50	67.90	35	17	7.5	9	Каратагское	Оползни, обвалы, трещины, разрушено 150 кишлаков, погибло свыше 1500 чел. Предполагается наличие двух очагов - в горах Мечетли и на юго-восточном склоне хр. Сурхантау.
1908	1	31	4	50	42.80	71.30	14	13.6	5.3			
1908	3	24	22	7	40.90	71.00	26	13.7	5.4			
1910	12	25	19		43.00	74.80	10	13.6	5.3			
1911	1	3	23	25	42.90	76.90	25	17.8	8.2	10-11	Кеминское	Колоссальных размеров обвалы (в Чон-Каинды высотой до 400м), откалывание отдельных скал, разрывы общей длиной 200км, вдольразрывов смещения по вертикали до 8м(Уйтал). Погибло 540 чел. Отмечалось качание всяких предметов и остановка часов в Омске, Томске и др. городах на расстояниях 1000 км.

1911	2	18	18	41	38.20	72.80	25		7.1	9	Сарезское	Глубина очага 70-75 км. Обрушение громадного блока горных пород с правого борга р.Мургаб вызвало образование двух озер- Сарезского и Шапау. Погибло 140 чел.
1912	1	23		25	41.00	71.70	12	13.6	5.2			
1912	12	24	15	2	40.80	70.00	25	13.4	5.2			
1913	2	23	11		44.00	80.00	15	14.3	5.7			
1914	1	13	21		40.30	71.80	20	13.7	5.4			
1914	10	18	20	46	40.70	73.10	16	13.2	5.1			
1915	12	17	7	5	42.00	79.20	40	16	6.7			
1916	2	28	13	16	43.00	77.20	25	15	6			
1916	2	29	18	55	40.60	78.20	20	14.4	5.8			
1918	12	1	2	35	39.00	73.00	30	15.3	6.5			
1918	12	1	10	35	39.00	73.00		15.7	6.5			
1919	7	24	2	3	40.00	76.00	30	15.7	6.7			
1920	6	14	13	8	40.00	76.00		13.3	5.2			
1920	9	25		8	41.50	71.00	10	14.1	5.6			
1923	8	10	1		41.00	77.50	20	13.7	5.4			
1923	8	10	2	17	41.00	77.50	20	14.4	5.8			
1923	12	20	15	13	39.50	72.00	15	14.1	5.6			
1923	12	28	22	24	39.60	69.20	18	15.3	6.4			
1924	1	1	15	16	41.00	70.50	20	13	5			
1924	1	4	12	21	39.20	71.40	20	13.2	5.1			
1924	5	11	22	16	40.00	76.00		13	5			
1924	7	6	18	31	40.50	73.10	22	15.3	6.4			
1924	7	12	15	12	40.60	73.20	14	15.6	6.5	8-9	Куршабское	Селение Куршаб превратилось в груды развалин, к югу от селения сошел оползень, поднялся уровень воды в колодцах. Разрушено 1729 построек,26чел.погибло.
1925	8	5	20	11	40.00	77.50	20	13.7	5.4			
1926	1	18	11	20	43.00	75.00	15	13.7	5.4			
1926	4	11	6	26	40.60	69.50	18	13.7	5.4			
1926	5	2	10		39.50	72.00	10	13.5	5.3			
1926	5	16			40.00	76.00		13	5			
1926	5	16	16		40.00	76.00		13	5			
1926	5	28	22	31	40.90	73.10	9	13.6	5.3			
1926	8	26	10	30	39.00	73.00	20	13	5			
1927	1	20	8	47	41.50	70.80	20	13.4	5.2			
1927	3	24	7	41	40.00	78.00	20	13.5	5.3			
1927	4	30	13	56	39.50	79.00	20	15.3	6.3			
1927	5	29	10	28	41.20	75.20	15	13	5			
1927	8	12	10	22	41.00	71.60	14	14.8	6	8	Наманганское	По берегам р. Сыр-Дарья обвалы, около Чартака образовалась трещина, из которой пошла вода.1461 дом разрушены, погибло 35 чел.
1927	8	12	16	16	41.00	71.60	20	13.9	5.5			
1927	10	29	1	24	39.00	75.00	20	13.4	5.2			
1927	10	31	23	30	40.00	76.60	20	13.7	5.4			
1928	1	5	14	9	43.50	78.50	20	14.1	5.6			

1928	1	15	8		39.70	75.50		13	5			
1928	2	7	9		39.50	75.60		13	5			
1928	2	17	22		40.00	75.00		13	5			
1928	3	18	1	33	39.80	77.60	20	13.4	5.2			
1928	3	30	1	1	42.00	72.30	20	13.4	5.2			
1928	4	12	9		39.60	74.50		13	5			
1928	4	28	8		40.20	77.00		13	5			
1928	6	18	14	10	39.00	75.00		13.3	5.2			
1928	7	11	10		40.30	76.40		13	5			
1928	8	23	3	53	41.80	72.90	21	13.9	5.5			
1928	12	15	7		41.50	73.60		13	5			
1929	1	10	10		40.20	77.20		13	5			
1930	1	7	17	27	39.20	72.10	10	13.5	5.3			
1930	2	8	6	28	39.40	74.90	20	14	5.5			
1930	3	1	5	35	40.00	75.30	20	13.7	5.4			
1930	3	6	15	44	39.00	72.00	10	13.7	5.4			
1930	3	14	10		40.00	76.90		13	5			
1930	4	9		43	40.10	77.10		13	5			
1930	4	10	14	24	40.00	76.50	20	14	5.5			
1930	7	9	9		40.20	75.20		13	5			
1930	8	9	22	41	39.20	73.80	20	13	5			
1930	9	24	2		40.30	76.70		13	5			
1930	10	12	15	6	40.20	69.70	12	13.1	5.1			
1930	10	30	16	15	39.30	76.30		13	5			
1930	11	18	22		40.00	76.00		13	5			
1930	12	18	9	27	43.00	78.70	15	13	4.6			
1930	12	25	13	49	41.90	69.10	15	13	5			
1931	2	2	12	0	40.30	77.30		13	5			
1931	8	15	4	0	39.40	76.60		13	5			
1932	4	20	20	5	41.00	74.80	20	13	5.1			
1932	10	29	11	8	39.20	72.20	20	14.5	5.9			
1932	12	24	4	17	42.80	78.20	23	14	5.6	7	Тюпское	Перед зем-нием был слышен гул,было отмечено 4 толчка. На затоне у Пржевальской пристани потрескался лед.
1932	12	30	21	20	42.80	78.20	20	13	5.1			
1933	3	22	2	22	42.60	74.50	20	13.4	5.2			
1933	9	9	19	34	40.10	70.70	26	13.6	5.5	6-7	Около Баткена	Перед зем-м слышен гул; висящие предметы качались,осыпание штукатурки с потолков и стен. Трещали стены барака, звенела посуда.
1933	12	17	23	4	42.80	79.00	15	13.9	5.5			
1934	7	28	2	6	41.00	77.50	20	14.2	5.7			
1934	9	3	10	19	39.20	70.90	10	13	5			
1934	9	23	1	24	39.30	71.10	10	13	5.2			
1934	9	27	22	51	42.40	75.80	18	13	4.9			
1935	7	29	23	16	39.50	73.50	20	14.3	5.7			

1935	7	31	9	58	39.50	73.50	20	13	5.3			
1935	9	29	6	36	40.70	77.40	20	13	5.2			
1935	10	26	21	17	39.30	73.30	20	13.9	5.5			
1935	12	11	12	11	42.60	75.90	15	13	5.2			
1936	4	9	0	53	39.60	73.10	5	13	5.2			
1937	11	10	19	42	41.80	78.90	5	13	5			
1937	11	18	4	39	42.60	80.10	20	13	5.1			
1937	12	18	13	18	42.10	70.90	20	15.6	6.5	7-8	Пскемское	Эпицентр землетрясения оказался в малонаселенной местности. Гул, похожий на гудение трактора, сильная качка
1938	6	20	23	50	42.70	75.80	21	16	6.9	8-9	Кемино-чуйское	Наиболее сильно ощущалось в с Кызыл-Байрак, образовались трещины в поселках Лесозавод и Кызыл-Байрак. В районе Джал-Арык сброс дл. 150 м. Ниже Лесозавода возник обвал. В отличие от предыдущих зем-й ни одного афтершока.
1939	2	23	15	41	42.60	80.60	20	15	5.9			
1939	3	17	12	12	42.50	80.50	20	14	5.5			
1939	3	20	1	56	42.40	80.60	20	13.6	5.2			
1939	4	17	19	15	41.30	76.50	5	13	5			
1939	5	30	0	52	39.40	76.70	20	13.4	5.2			
1939	5	30	10	7	39.00	70.45	6	14.1	5.8			
1939	10	10	20	42	39.30	69.00	15	13	5			
1940	1	26	23	11	41.90	77.20	15	14	5.5			
1940	12	2	12	8	40.50	76.30		13.3	5.2			
1941	4	5	9	58	39.30	72.10	20	13	5			
1941	4	20	17	38	39.20	70.50	8	15.6	6.4	9	Гармское	С горных склонов долин р. Ясман и Камароу 10 крупных каменных и земляных обвалов. Подземный гул, разрушения в 60 селениях, погибло 700 чел.
1941	4	26	23	10	39.30	70.60	10	14	5.5			
1941	5	6	16	55	39.30	70.60	10	14.1	5.6			
1941	8	13	0	55	40.90	71.30	20	13	5.1			
1941	9	5	17	10	40.00	74.30	20	13	5			
1942	1	8	13	31	39.40	72.90	20	13	5.2			
1942	1	18	16	36	41.10	71.60	21	14	5.9	7	Яртепское	Был слышен подземный гул, в 7-ми балльной зоне были разрушения
1942	2	14	10	44	40.90	72.10	15	13.9	5.5			
1942	2	28	4	54	39.20	70.90	10	14	5.5			
1943	4	5	1	56	39.30	73.30	20	14.6	6.3			
1943	6	2	2	55	39.20	71.80	10	13.7	5.6			
1943	7	15	11	53	40.00	78.40	20	13.5	5.4			
1944	1	3	9	49	41.00	79.00	20	13.6	5.3			
1944	3	15	5	3	39.70	73.10	20	14.6	6			
1944	3	15	6	17	39.60	73.00	20	14	5.4			
1944	9	2	2	30	39.30	72.00	20	13	4.9			
1944	9	27	16	25	39.00	74.80	30	15.6	6.7			
1944	9	27	16	52	39.10	75.00		14.6	5.9			
1944	9	30	5	9	39.30	74.80	20	13	5			
1944	9	30	7	41	39.20	74.80	20	13.7	5.4			
1944	10	17	21	17	39.20	71.80	10	13	5.1			

1945	4	19	17	46	42.90	77.50	20	14	5.7			
1946	6	6	19	4	43.00	80.90	15	13	4.8			
1946	6	24	4	11	42.00	76.00	15	13	5.2			
1946	11	2	18	28	41.90	72.00	25	17	7.5	9-10	Чаткальское	На площади 1500кв.км разрушены все постройки, сильно пострадали здания и сооружения в Оше, Джалал-Абаде, Ташкенте, Андижане и др. городах. Крупные обвалы коренных пород, срывы суглинков, которые перегораживали реки, трещины длиной до 300м и шириной до 30м, оползни.
1946	11	3	13	34	41.70	72.20	20	13.5	5.3			
1946	11	4	10	22	41.90	72.00	20	13	5.2			
1946	11	7	15	54	42.00	72.00	20	14	5.7			
1946	11	10	0	46	40.50	77.50	20	14	5.5			
1946	12	9	12	26	42.80	77.90	15	13	5.1			
1947	4	8	0	6	41.80	72.30	26	13.5	5.3			
1947	6	1	18	56	41.10	72.20	10	13	5			
1947	6	2	6	40	40.90	72.30	13	14.5	5.9	8	Найманское	Несколько построек рухнуло, вываливались стены, покосились дверные рамы
1947	8	16	5	53	40.50	77.60	20	13.4	5.2			
1948	7	28	8	0	41.40	75.40	6	13.6	4.9	7-8	Куланакское	Все здания в 7-8 ми балльной зоне получили повреждения, несколько разрушено полностью. Подземный гул, трещины, оползни, обвалы.
1948	9	10	12	2	41.90	72.20	20	13.7	5.4			
1948	11	3	15	2	42.50	70.40	14	13	4.4			
1948	12	14	16	2	42.80	74.70	20	13	5			
1949	3	17	2	47	42.00	72.70	15	13	5			
1949	7	8	7	50	39.20	70.80	28	13	5.1			
1949	7	8	8	2	39.20	70.80	18	14	5.6			
1949	7	10	3	53	39.20	70.80	16	17	7.4	9-10	Хаитское	Громадные обвальные, оползневые и селевые явления, в зоне длиной 65 км, в пути уничтожали все, погребая под собой селения. Погребены пос. Хаит и 32 селения. На поверхности речных террас и на горных склонах крупные трещины. Перед землетрясением вертикальный толчок с гулом. Погибло 20 тыс.чел.
1949	7	10	7	18	39.30	70.80	10	13	5			
1949	7	10	10	43	39.30	70.80	10	13	5			
1949	7	10	10	57	39.20	70.80	10	13	5.1			
1949	7	10	11	57	39.10	70.80	10	13	5.1			
1949	7	10	14	13	39.20	71.10	10	13.6	5.4			
1949	7	10	15	7	39.10	70.90	10	13	4.9			
1949	7	10	15	19	39.10	71.00	10	14	5.8			
1949	7	10	15	49	39.20	71.10	19	15	6.2			
1949	7	10	16	24	39.10	71.00	14	15	6.2			
1949	7	11	1	12	39.40	70.80	5	13	5			
1949	7	11	3	55	39.20	70.90	10	13	5			
1949	7	13	10	13	39.20	71.00	10	13	5.1			
1949	7	13	18	28	39.20	70.80	10	13	5.1			
1949	7	19	17	42	39.10	71.10	10	14	5.8			
1949	8	12	7	38	39.80	76.80		13.3	5.2			
1949	8	23	22	3	39.20	71.10	25	13.5	5.3			
1950	7	6	7	3	39.30	73.30	20	13	5.2			
1951	4	14	4	10	39.10	71.60	25	14.5	5.9			

1951	4	14	4	52	39.10	71.60	10	13	5			
1951	5	12	22	7	39.60	71.20	25	13.8	5.4			
1951	8	3	23	35	39.10	71.70	15	13	5.1			
1953	2	11	23	22	39.80	77.40	15	14	5.5			
1953	3	15	3	9	40.20	77.90	15	13	5			
1953	3	16	17	35	39.90	78.20	15	13	5.2			
1953	7	9	19	2	40.20	78.00	20	14.5	5.8			
1953	7	9	20	43	40.30	78.10	20	13.7	5.4			
1953	12	4	7	50	40.10	77.70	20	13	5.1			
1954	4	19	16	53	39.10	75.00		13	5			
1954	10	27	21	48	40.10	77.30	20	13	5.1			
1954	12	3	21	38	41.40	74.80	15	14	5.4	7	Дюрбельджинское	Разрушена жилых зданий и учреждений. В рай-не Дюрбельджина образовались трещины в грунте, обвалы, оползни, осыпи.
1955	4	15	3	40	39.90	74.60	52	16.4	7.1			
1955	4	15	4	13	40.00	74.70	50	15.5	6.6	9	Улугчатское	Плейстосейстовая область в виде обвалов. Большая энергия, выделившаяся в очаге, относительно слабое проявление на поверхности и очень медленный спад бальности с расстоянием свидетельствует о глубоком расположении очага (80-100 км).
1955	4	27	11	48	40.00	74.68	5	13	4.8			
1955	6	5	15	43	39.90	75.20	40	13	5.3			
1955	6	15	1	3	39.27	71.57	5	13.1	5			
1955	6	23	11	19	41.90	71.10	20	13.3	5			
1955	7	26	22	10	39.90	74.70	5	13.4	4.7			
1956	11	18	5	19	40.10	76.50	15	13	5			
1957	5	1	0	45	41.60	78.60	15	13	5			
1957	5	8	14	24	41.60	74.60	7	13	4.8	7	Кавакское	Сильный толчок, похожий на взрыв, сидящих на земле подбросило в воздух. С хребтов падали камни, начались обвалы и осыпи.
1957	8	30	16	18	39.30	72.90	46	14	5.5			
1958	2	19	10	33	39.10	74.90	20	13	5.2			
1958	6	24	4	48	41.00	78.30	20	14	5.5			
1958	10	13	8	58	41.60	75.10	12	13	5.2	6-7	Сонкульское	Ощущали в виде резкого толчка с сильной тряской. С гор падали камни величиной с трактор, скала дала трещину, осыпи и камнепады. Трясло юрту. Деревянные дома сильно раскачивались, скрипели и покосились. Глинобитные дома дали трещины. Обвалилась известка.
1959	6	27	19	11	42.00	79.98	25	14.5	5.7			
1959	7	12	19	21	41.70	72.80	14	12.9	5	6		Гул. Толчок с юга и два вертикальных толчка. В некоторых домах нитевидные трещины. Висящие предметы сильно качались.
1959	9	13	19	15	39.50	74.40	5	13.1	5			
1959	9	21	12	19	40.70	75.00	15	13	5			
1959	10	24	23	40	41.63	70.00	13	14	5.7	7-8	Бричмуллинское	Началось с сильного вертикального удара, потом последовали сильные качания. Одновременно был сильный гул - будто летит вертолет или идет тяжелый танк. В поселке Бричмулла были сильные разрушения. Сильно растрескались печи и отошли от стен, осел пол.
1960	3	3	14	15	40.60	78.00	5	13	4.9			
1960	10	18	10	26	42.30	78.40	17	12.8	4.9	6	Пржевальское	Ощущали сильный толчок с подземным гулом, образовались трещины. С некот-х крыш упали дымовые трубы. Дребезжала посуда, скрипели полы и двери,
1961	4	1	15	18	39.95	77.82	20	15.5	6.6			

1961	4	4	1	17	39.90	74.40	5	13	4.8			
1961	4	4	9	46	39.95	77.70	15	15	6.4			
1961	4	5	6	47	40.00	77.50	20	13	5.1			
1961	4	6	1	33	40.00	78.00	20	13.6	5.5			
1961	4	7	21	17	39.65	72.88	26	13.9	5.5	6-7	Алайское	В 6 -балльной зоне с. Сары -Могол ощущали сильный вертикальный толчок с гулом, во всех домах появились трещины.
1961	4	13	16	34	39.75	77.63	30	15.6	6.6	9	Пычанское	
1961	7	5	6	34	39.90	77.50	5	13	5			
1961	12	30	7	8	39.80	77.50	20	13.3	5.2			
1962	7	1	21	23	39.87	75.10	25	13	5.2			
1962	8	3	11	4	40.92	73.12	20	14	5.5	7-8	Маркайское	Многочисленные обвалы песчаников и конгломератов, завалили тропинку и часть реки. Со склонов гор ссыпались камни, во многих домах вывалились стены, остальные покрылись сквозными трещинами. В шахте слышали только подземный гул. В одном из колодцев ушла вода.
1962	11	26	5	29	39.80	77.20	20	14	5.6			
1963	8	29	8	53	39.67	74.18	40	15.9	6.4			
1963	10	19	6	46	41.23	71.62	8	12.6	4.7	6-7	Тергаучинское	
1964	2	13	13	53	39.45	72.97	44	13.1	5.1			
1964	6	27	2	28	40.52	77.23	5	13	5			
1965	3	17	13	14	40.85	69.37	12	13	5.5	7	Коштепинское	Сильный вертикальный толчок, сопровождающийся гулом. Во многих домах разбились стеклянные изделия. Откалывались и обрушивались части стен.
1965	5	4	8	34	41.82	79.37	23	15	5.8			
1965	9	25	15	47	41.53	75.03	25	13	5.1	6-7	Сонкульское	Гул, треск, затем два толчка, небольшие горные обвалы. В зданиях трещины, дверные коробки отделились от стен. Ощущение будто "земля уходит из под ног".
1965	10	18	10	21	41.97	77.55	15	13	5	6-7	Барскаунское	Толчок с гулом. Все старые дома дали трещины, слетели печные трубы, тяжелые повреждения глинобитных домов.
1965	12	7	14	50	39.30	73.10	25	13	4.8			
1966	1	28	8	52	39.30	73.00	5	13.4	5			
1966	4	25	23	22	41.35	69.27	8	13.3	5.2	8	Ташкентское	Одноэтажные глинобитные дома и из сырцового кирпича полностью разрушены. В каркасных 2-х и 3-х этажных домах сквозные трещины, иногда с отвалом стен.
1966	4	30	13	41	41.10	71.80	20	13.6	5	6-7	Балыкчинское	Раскачивались здания, был слышен сильный гул.
1966	5	12	11	42	40.20	78.40	20	13	5			
1966	7	16	19	43	40.93	74.00	15	13	5			
1967	1	5	10	7	39.32	72.62	30	13.6	5.2			
1967	2	2	7	37	39.80	75.10	80	13.7	5.7			
1967	5	11	14	50	39.50	73.70	28	15	6.3			
1967	5	14	9	0	39.33	73.75	20	13.6	5.2			
1967	5	18	9	0	39.32	73.75	20	14	5.2			
1967	5	18	11	31	40.62	70.75	25	12	4.6	6-7	Супетауское	В домах трещины, слышался сильный гул. Вода в реке поднялась, а затем рухнула вниз и пошли волны.
1967	5	20	8	47	39.40	72.70	5	13.3	4.5			
1967	9	28	2	53	42.10	79.67	18	13.5	5.1	6-7	Сарыджазское	Эпицентр располагался в труднодоступной, малонаселенной местности. Толчки были резкие. Камнепады и сход лавин по всему леднику.
1967	11	30	11	44	43.00	77.43	10	12.2	4.5	6	Чиликское	В верховье р. Чилик 3 вертикальных толчка с гулом и треском. Деревянные дома скрипели.
1968	3	20	7	54	41.15	75.07	17	12.6	4.9	5-6	Дюрбельджинск	Ощущались сильные толчки, как в помещениях так и на улице, дребезжали стекла и посуда, с полок падали предметы.
1968	9	12	15	36	40.33	77.83	5	13	5			
1969	2	11	22	8	41.47	79.32	25	15	6.6	9	Кокшаальское	

1969	8	28	3	58	39.10	73.40	10	14	5.7			
1969	9	14	14	46	39.48	75.00	25	14	5.5			
1969	9	14	16	15	39.52	75.00	15	14.8	5.6			
1970	1	19	0	31	41.05	69.22	25	12.1	4.4	7	Пскентское	
1970	3	29	3	48	39.68	75.28	34	13	5			
1970	6	5	4	53	42.52	78.73	15	15.6	6.8	8-9	Сары-Камышское	Множественные срывы, трещины шириной до 1,5 м, массовые обвалы и оползни. В некот.местах выкорчеваны большие деревья, вершины других сломаны. Во многих домах оседание или проваливание крыш, разрушение стен, выпадение углов зданий. Землетрясение предварялось форшоком, отчего люди выбежали на улицу, по этой причине погибло только 2 чел.
1970	7	29	5	50	40.05	77.77	13	14	5.9			
1970	9	14	9	43	39.90	77.20	20	13.4	5.2			
1971	3	23	9	52	41.43	79.25	20	14.5	6			
1971	3	23	20	47	41.32	79.37	20	15	6.1	8	Кокшаальское	
1971	3	24	21	1	41.42	79.42	58	13.2	5.1			
1971	5	10	14	51	42.90	71.33	20	13.8	5.7	7	Джамбульское	Гул, подобный раскату грома. В домах падали тяжелые предметы. Саманные постройки повреждены, в кирпичных домах сквозные трещины.
1971	6	15	7	39	41.43	79.33	42	13.7	5.2			
1971	6	15	22	4	41.52	79.28	12	14.2	5.8			
1971	6	16	0	58	41.52	79.23	29	13.2	5.6			
1971	6	19	17	23	41.62	79.23	12	13.5	5.3			
1971	7	24	11	43	39.40	73.00	19	13.3	5.1			
1971	7	26	1	48	40.02	77.32	15	14.4	6.7			
1971	10	28	13	30	41.95	72.25	17	14	5.6	6-7	Чаткальское	В каркасных ж/б зданиях появились трещины в штукатурке. Изменился уровень воды в колодцах.
1971	12	27	20	59	39.98	73.02	55	13.4	5.2			
1972	1	15	20	21	40.33	79.07	15	14.4	6.2			
1972	3	17	9	17	40.28	69.65	20	13.5	5	6-7	Ленинабадское	Взрывоподобный гул. В кирпичных зданиях сквозные трещины. На одном из склонов переместился оползень.
1972	11	16	4	57	43.30	81.00	5	13	5			
1972	12	3	8	54	39.42	75.13		13	5.2			
1973	1	3	14	31	39.15	71.83	10	13.4	5.2			
1973	6	10	16	8	39.55	74.83		13	5			
1973	6	27	13	11	40.68	79.22		13	4.5			
1974	1	4	9	27	40.78	77.62		14.2	5.1			
1974	1	22	6	8	40.20	71.70	24	12.7	5	7	Кадамжайское	Три вертикальных толчка с гулом. В зданиях из сырцового кирпича сквозные трещины. В железобетонных зданиях трещины в штукатурке.
1974	2	20	11	43	40.70	73.37	20	13.2	4.9	6-7	Куршабское	Гул подобный камнепаду, качались большие деревья.В зданиях из сырцового кирпича сквозные трещины, из жженого кирпича -трещины,откалывание штукатурки.
1974	7	2	16	41	42.23	75.32	15	12.9	4.9	6-7	Кочкорское	
1974	7	23	7	11	39.30	72.30	15	13	4.7			
1974	8	11	1	13	39.23	73.83	7	16.6	7.3	7-8	Маркансуйское	В местах выхода коренных пород камнепады. С некоторых горных вершин сброшены ледяные и снежные шапки.Повсеместно снежные лавины, обновление нескольких разрывных нарушений.Яркое свечение в горах, гул напоминающий кононаду.Туристы на лед-ке Корженевского наблюдали движение почвы.
1974	8	11	2	37	39.30	73.40		13	4.9			
1974	8	11	5	12	39.30	73.60	15	13.6	5.2			
1974	8	11	5	19	39.20	73.50	15	13.6	5.3			
1974	8	11	5	23	39.30	73.80	15	13.8	5.5			

1974	8	11	5	33	39.30	73.60	61	13	4.6			
1974	8	11	7	2	39.40	73.60	15	13.6	5.3			
1974	8	11	9	8	39.10	73.70	15	13	5			
1974	8	11	20	5	39.60	73.70	15	14.4	5.8			
1974	8	11	21	21	39.30	73.60	15	14.7	6.3			
1974	8	12	14	14	39.60	73.80	5	13	4.9			
1974	8	12	21	17	39.40	73.70	20	13.1	5			
1974	8	27	12	56	39.58	73.78	15	14.9	6			
1974	8	27	17	33	39.40	73.80	15	13.4	5.1			
1974	9	3	19	41	39.50	73.70	15	13.7	5			
1974	9	29	15	51	40.45	77.85	26	13.4	5.5			
1975	2	12	13	34	43.30	78.80	10	13	5.1	6	Торуайгырское	Удар,сопровождающийся гулом.В домах из бутобетона сквозные трещины, в каркасных - трещины в штукатурке. В гоах канепады, местами оползни
1975	5	26	18	1	40.40	77.93	35	13	5			
1975	9	9	18	32	40.27	78.48	20	13.6	5.5			
1976	8	3	7	50	40.88	77.88	18	13	5.3			
1976	11	11	2	20	39.50	74.00		13.1	5			
1977	1	31	14	26	40.08	70.87	20	15.5	6.3	7-8	Исфара-Баткенское	Гул, вертикальный толчок с горизонтальными колебаниями, свечение над горизонтом.В эпицентральной зоне почти все дома повреждены, многие дома из"гуваляка" обвалились полностью. Трещины шириной до 1 м.
1977	6	3	1	5	40.00	71.82	15	14.2	5.2			
1977	8	3	7	50	40.88	77.88		13	5.2			
1977	12	6	10	52	41.57	69.70	15	13.2	4.9	7	Таваксайское	
1977	12	18	16	47	39.90	77.42		14.9	5.9			
1977	12	20	7	27	39.82	69.32	10	13	5			
1978	3	12	8	29	41.90	80.00	40	13.9	5.3			
1978	3	24	21	5	42.87	78.58	20	15.6	7	8-9	Жаланаш-Тюпское	В плейстосейстовой области обвалы, камнепады, массовый сход снежных лавин,некоторые валуны переместились почти на ровном месте, в домах их кирпича сырца сквозные трещины, частичное обрушение, в грунтах трещины шириной до 10 см
1978	10	8	14	20	39.50	74.80	50	15	6.1			
1978	11	1	19	48	39.40	72.60	30	16	6.8	8-9	Дараут-Курганское	В плейстосейстовой зоне сейсмдислокации, небольшие обвалы, камнепады,осыпи, в ледниковых отложениях воронки диаметром 3-25 м из-за обрушения подземных галерей. Большое количество афтершоков. Местность малонаселенная, пострадали кошары, населенные пункты.
1978	11	1	19	59	39.38	72.58	5	13.3	5.2			
1978	11	2	6	24	39.43	72.50	25	14	5.6			
1978	11	2	11	15	39.40	72.38	10	13.6	5.4			
1978	11	8	0	57	39.40	72.47	20	13.8	5.2			
1978	12	15	5	34	39.53	74.13		13.4	5.2			
1979	4	6	18	30	41.97	77.43		13.5	5	6	Барскоонское	Сильный гул как от идущего в гору автомобиля, сход снежных лавин. Раскачивались висящие предметы, в глинобитных домах нитевидные трещины.
1979	5	9	18	41	42.10	79.10		13.1	4.8			
1980	1	13	5	54	39.43	72.80	10	13.4	5			
1980	7	5	20	25	41.92	77.50	20	13.8	5.6	6-7	Каджисайское	Горизонтальный толчок, гул как от груженного автомобиля.Висящие предметы колебались, в глинобитных домах тонкие трещины.
1980	7	31	19	3	39.60	75.20	44	13.1	5.3			
1980	12	6	2	45	40.00	78.35	26	13	5.3			

1980	12	11	14	35	41.33	69.05	10	13.5	5.3	8	Назарбекское	Основной толчок сопровождался сильным подземным гулом и свечением атмосфере. За ним последовала серия афтершоков. В стенах многих домов из сырцового кирпича сквозные трещины, выпали части стен, некоторые дома обрушились. На лессовых грунтах многочисленные трещины шириной до 3см.
1981	3	3	5	52	39.32	72.60	15	13.8	5.4			
1982	5	6	15	42	40.17	71.50	20	14.4	5.8			
1982	12	31	19	46	42.87	77.37	15	13.6	5.2	6-7	Чолпонатинское	
1983	2	13	1	40	40.23	75.23	20	16.1	6.6	8	Кызыл-Суйское	
1983	2	13	1	52	40.08	75.13		13.6	5.7			
1983	3	30	6	46	40.05	75.38	32	13.4	5.1			
1983	3	30	16	13	40.10	75.27	30	13.1	5			
1983	4	5	6	50	40.13	75.13	28	14.6	6			
1983	6	5	10	39	39.22	75.82	23	13	5			
1983	8	20	17	15	39.47	73.70	5	13.1	5			
1983	8	25	11	5	39.18	74.17	32	13.5	5			
1983	12	16	13	15	39.38	72.92	15	14.5	6.1	7-8	Алайское	Две плейстоценовые области. Одна у подножья пиков, деформации в виде снежных обвалов. Другая охватывает населенные пункты, в домах из кирпича-сырца трещины, иногда с обрушением частей стен. В 6-ти балльной зоне в домах сквозные трещины. В одном роднике исчезла вода, в другом понизилась на пол метра.
1983	12	21	19	30	42.07	77.45	15	12.5	4.1	6	Каджисайское	Гул. В отдельных зданиях из жженого кирпича тонкие трещины в штукатурке.
1984	2	2	15	14	42.87	71.40	15	12.6	5	6	Джамбульское	Вертикальный толчок с гулом. В некоторых домах отошли стены пристроек, сквозные трещины. В Джамбуле все саманные дома повреждены, дали осадку. В домах, построенных с использованием шпал, тонкие трещины в штукатурке.
1984	2	17	23	26	40.85	71.02	25	14	5.5	8	Папское	В каркасных домах глубокие трещины. В 6-7 бал-й зоне в глинобитных домах небольшие трещины. Сопровождалось многочисленными форшоками и афтершоками.
1984	10	26	20	22	39.20	71.23	15	14.5	6.3			
1985	4	27	4	49	40.90	71.10	20	13	5.1			
1985	8	23	12	41	39.43	75.48	20	16.5	7	9	Кашгарское	
1985	9	11	20	45	39.43	75.45	35	14.8	6.6			
1985	9	11	21	8	39.43	75.13	28	13	5			
1985	9	11	21	9	39.50	75.50	5	13	5			
1985	10	13	15	59	40.28	69.80	10	14.6	6	8	Кайраккумское	Резкие, сильные вертикальные толчки, затем горизонтальные колебания, сопровождаемые гулом. Повреждены мелиоративные сооружения, дорожное полотно, деформирована дамба и береговые сооружения. Многочисленные оползни, обвалы, трещины, кратеры фонтанирования. В зданиях их жженого кирпича без антисейсмических мероприятий трещины шириной до 15 см, обрушение перегородочных стен, иногда с повреждением подвалов и фундамента.
1986	4	25	16	12	40.18	77.28	25	14.2	5.4			
1986	5	20	6	2	41.00	78.78	20	13	5.2			
1987	1	24	8	9	41.43	79.27	13	14.7	6.1			
1987	1	24	8	13	41.52	79.17	5	13.6	4.3			
1987	3	26	11	56	41.82	69.95	5	13.1	4.7	7	Алтынтюбинск	
1987	4	30	5	17	39.82	74.68	25	14.5	5.7			
1988	1	6	15	31	39.72	75.52	5	13.1	5.1			
1988	3	13	13	48	42.08	75.47	7	12.6	4.2	6	Кочкорское	В некоторых домах из кирпича сырца трещины в штукатурке, окальвание извести, новые дома не пострадали.
1988	6	17	13	30	42.93	77.40	21	12.9	4.9	6-7	Чолпонатинское	В старых домах из кирпича сырца трещины и откальвание штукатурки, падение кирпичей с дымовых труб
1988	8	12	18	58	39.80	74.37	31	13.3	5.2			
1988	9	23	4	46	39.68	74.45	15	13	4.9			

1988	12	14	11	45	39.27	71.80	5	13.3	5.2			
1988	12	21	8	21	41.23	72.32	10	12.9	4.8	6	Шамалдысайское	Перед землетрясением был слышен гул, всякие предметы колебались, в 3-х этажных зданиях появились трещины, осыпалась штукатурка.
1990	3	29	16	19	39.43	73.25	21	13.7	5.3			
1990	4	17	1	59	39.45	74.55	29	15	6			
1990	11	3	16	39	39.15	71.45	10	13.8	5.2			
1990	11	12	12	28	42.98	77.92	15	15	6.4	8	Байсоорунское	В 8-ми балльной зоне дом из сруба сдвинулся с фундамента на 10 см в одном углу и на 3 см в другом, дом перекосялся, печь разрушена, дранки срезаны.
1991	2	25	14	30	40.18	79.32		14.2	6.1			
1991	3	7	1	13	40.00	75.65		13.4	5.2			
1991	4	26	22	23	39.08	70.98		13.3	5.2			
1991	10	31	2	29	40.17	72.87	15	13.6	5.3			
1992	5	15	8	7	41.10	72.42	10	15	6.3	8	Кочкоратинское	Наибольшие повреждения домов из самана, кирпича-сырца и глинобитные - многие обвалились полностью, в некоторых отваливались 1-2 стены, в грунтах трещины. Около ручья Кара-Джигач воронка оседания диаметром 5м, цистерна емкостью 3тыс.литров в момент землетрясения подброшена на высоту 30 см.
1992	8	19	2	4	42.07	73.63	20	17	7.5	9-10	Суусамырское	Началось с сильного подземного гула, как будто произошел взрыв. Гул, шум,треск были настолько сильными, что не было слышно, как падали домашние вещи, дымоходные трубы,печи, разваливались стены и крыши домов. Сотрясение почвы подбрасывало людей сидящих на земле, а вставшие не могли устоять, по земле пробегали волны, наблюдались фонтаны высотой до 15 м, "выстрелы" скальных пород диаметром 0,5 м., некоторые участки дороги просели, а на других образовалась волнообразная поверхность. Массовые обвалы, оползни и камнепады, многочисленные трещины. Образовался сейсмосрыв и волнообразное поднятие с амплитудой 2,7 м.
1992	12	24	5	9	42.40	72.15		13.2	5.1			
1994	1	12	10	22	39.47	75.77		13.3	5.2			
1995	2	20	4	12	39.38	71.03	4	13.6	5.3			
1995	10	8	8	55	40.90	71.62	20	13.6	5.3			
1995	11	1	12	29	43.03	80.15		13.1	4.8			
1996	1	18	9	33	41.90	77.45	5	13.2	5			
1996	3	19	15		40.08	76.65		14.6	5.5			
1996	3	22	8	26	40.28	76.57		13.6	4.6			
1997	1	9	13	43	41.08	74.32	0	14.6				
1997	1	21	1	47	39.43	76.98		14.4	5.8			
1997	3	1	6	4	39.60	76.95		14.6				
1997	4	5	23	46	39.57	77.05		14.8				
1997	4	6	4	36	39.57	77.02		14.6				
1997	4	6	12	58	39.65	77.00		13.4				
1997	4	11	5	34	39.60	76.93		14.6				
1997	4	12	21	9	39.58	76.87		13.8				
1997	4	15	18	19	39.67	76.97		15				
1997	5	17	3	58	39.30	76.92		14.3				
1997	8	13	14	30	41.87	79.48		13				
1998	3	19	13	51	40.13	76.65		13.6				
1998	5	29	22	49	41.35	75.60		13.6				
1998	8	2	4	40	39.48	76.98		14.8				
1999	12	6	7	33	42.67	76.27	0	13	5.2			
2002	9	5	11	3	39.78	71.97	2	13	5.2			

Приложение 3.

Каталог наиболее значительных оползней

№	ДАТА	УЧАСТОК	ПОСЛЕДСТВИЯ
1	15. 04. 2009г.	с. Райкомол Аксыйского района	под оползнем 200 тыс.м ³ разрушено 3 жилых дома, погибло 16 человек
2	весна 2009г.	в 3 км СЗ с. Чонкурчак Аламединского района	активизация древнего оползня объемом 6,8 млн.м ³ , угроза жилому дому и кошаре
3	весна 2001-2009г. активизация древнего оползня	участок «Галерея» железной дороги проходящей выше автодороги Бишкек – Балыкчи на 115км в Боомском ущелье	Угроза разрушения железнодорожной галереи и проходящей ниже автодороги на 115км
4	2004 – 2009г. активизация древнего оползня	п. Минкуш Джумгалского района	оползневое смещение отдельных блоков древнего оползня объемом до 1 млн.м ³ , находящегося в периодически активном состоянии, в зоне возможного поражения радиоактивное хвостохранилище находящееся выше п. Минкуш, загрязнение радионуклидами рек Туюксуу, Минкуш, Нарын.
5	ежегодная (2001-2009г.) активизация оползня	автодорога Бишкек-Ош 86км, Жайильский район	угроза завала и разрушения автодороги и проходящему автотранспорту оползнем объемом 800 тыс.м ³
6	24. 04. 2004 г.	с. Кайнама Алайского района	оползнем объемом 2 млн.м ³ разрушено 11 жилых домов, погибло 33 человека.
7	17. 04. 2004г.	с. Кара-Согот Карасуйского района	под оползнем 63 тыс.м ³ погибло 5 человек
8	20. 04 2003г.	с. Кара-Тарык Узгенского района	оползень объемом 1,5 млн.м ³ разрушил 13 жилых домов, погибло 38 человек.
9	весна 2002г.	с. Ортосай Аламединского района	угроза жилым домам части с. Ортосай оползнем объемом 800 тыс.м ³
10	27. 04.2000г.	с. Гульча Кара-Кульджинского района	активизировался древний оползень объемом 14 млн.м ³ разрушено 148 жилых домов и коммуникации районного центра.
11	27 мая 1999г.	с. Сары-Булак Ошской области	оползень объемом 4,5 млн.м ³ , разрушено 9 жилых домов.
12	26 июня 1998г.	с. Будалык Кара-Кульджинского района	активизировался древний оползень объемом 2 млн. м ³ , деформировал здание средней школы на 192 ученических мест, деформировано 32 жилых дома.
13	4 июля 1994г.	с. Арто-Суу Алайского района	оползень объемом 5 млн. м ³ , разрушено 28 жилых домов.
14	26 марта 1994г.	с. Комсомол Узгенского района	оползень объемом 05 млн. м ³ погибло 26 человек
15	8 марта 1994г.	с. Тосой Узгенского района	оползень объемом 1 млн. м ³ в долине р. Зергер разрушил 15 жилых домов, погибло 50 человек
16	весна 1994г.	Ошская, Джалал-Абадская, Баткенская области	Образовано более 1000 новых оползней в связи с выпадением в зимний и осенний период двойной нормы атмосферных осадков
17	4 июля 1992г	г. Майлуу-Суу	оползень объемом 900 тыс. м ³ перекрыл русло реки Майлуу-Суу с образованием водоема, затопив 4 двухэтажные жилые дома на высоту 6 м., разрушил городские коммуникации (автодорогу водопровод ЛЭП и др.)

18	1988г.	Ошская, Джал-Аббатская области	образовалось 110 новых оползней, из них 12 крупных от 0,5 до 2-х млн. м ³ . Кроме этого, образовались многочисленные оползневые трещины, по которым в 1994 г. сошли крупные оползни.
19	апрель 1988г.	с. Кайнар Сузакского района	оползень «Кайнар» объемом 5 млн. м ³ прошел по саю 9,5 км, разрушив 3 жилых дома
20	март 1988г.	с. Алтынкрок Кара-Кулжинского района	образовались 2 оползня объемами 1,5 и 2,0 млн. м ³ . Погиб чабан с отарой овец, разрушено 8 жилых домов и кошара.
21	апрель 1979 г.	Алайский, Кара-Кулжинский и Узгенский районы	после непрерывных морозящих дождей в течение 4 дней образовалось 263 оползня.
22	май 1973г.	с. Олоке-Колот Сузакского района	оползень «Олоке-Колот» объемом 5 млн. м ³ перекрыл р. Кугарт, разрушений не было
23	сентябрь 1973г.	с. Калдарбай Сузакский район	оползень «Калдарбай» объемом 2,5 млн. м ³ распространился на расстояние до 1 км, погиб 1 человек
24	ноябрь 1976г.	г. Кок-Жангак	оползень «Сары-Булак» (Кок-Жангак) объемом 4,5 млн. м ³ распространился по руслу сая на 4,5 км, разрушив 180 жилых домов, погибло 2 человека
25	29. 02 1988г.	г. Майлуу-Суу	сошел оползень «Тектоник» объемом 0,5 млн. м ³ , перекрыв русло реки, разрушив дорогу и городские коммуникации
26	февраль 1988г.	с. Токубай Ошской области	оползень объемом 1,5 млн. м ³ . значительный материальный ущерб и человеческие жертвы
27	17.03.1969г.	г. Майлуу-Суу Сенной переулок	оползень объемом 0,5 млн. м ³ , разрушено 44 жилых дома
28	апрель 1969г.	с. Бешбадам Базар-Коргонского района	оползень объемом 6 млн. м ³ длина оползневого потока (смещения) 4,5 км значительный материальный ущерб и человеческие жертвы
29	1911г.	с. Ананьево Иссык-Кульского района	оползень – обвал объемом более 7 млн. м ³ вызванный Кеминским землетрясением 1911г. (M=8,9)
30	1889г.	с. Белогорка Сокулукского района	оползень – обвал объемом 10 млн. м ³ вызванный Беловодским землетрясением 1889г. (M=6,9)

Приложение 4.

Сейсмические станции на территории Кыргызстана:

Аналоговые станции Института сейсмологии Национальной Академии Наук Кыргызской Республики

№ П/П	НАЗВАНИЕ С/СТ	КОД С/СТ	КООРДИНАТЫ		Н, М	СРОКИ РАБОТЫ		АППАРАТУРА
			φ°	λ°		с	по	
1	Ала-Арча	AAR	42,637	74,495	1680	16-V-1983	2003	СКМ, СКД
2	Ананьево	ANV	42,786	77,666	1860	20-IV-1971	-	СКМ, СКД, СМТР, СБМ
3	Арал	ARL	41,846	74,324	1640	1-V-1960	-	СКМ, СКД
4	Аркит	ARK	41,799	71,967	1280	X-1969	-	СКМ, СМТР, СКД*
5	Арсланбоб	ARS	41,323	72,982	1510	VIII-1970	-	СКМ, СМТР
6	Аккия	AKK	41,608	72,682	960	1-I-1983	-	СКМ
7	Алайку	AKU	40,542	73,655	1940	1987	-	СКМ
8	Баткен	BTK	40,057	70,820	1020	XII-1977	-	СКМ, СБМ, СКД*
9	Белагорка	BLG	42,625	74,236	1450	7-XI-77	1996	СКМ, СКД
10	Боом	BOM	42,485	75,943	1800	1-VI-69	-	СКМ
11	Дараут-Курган	DRK	39,481	71,805	2320	1-X-1985	-	СКМ, СКД
12	Джергалан	DJR	42,610	79,022	2120	25-II-81	1996	СКМ, СКД
13	Каджи-Сай	KDJ	42,123	77,188	1880	XII-61	-	СКМ, СКД, СБМ
14	Кара-Сай	KRS	41,578	77,903	3360	26-VII-81	1994	СКМ, СКД
15	Кен-Суу	KNS	42,324	79,245	3018	21-VI-81	2009	СКМ
16	Кировка	KRV	42,658	71,608	980	1-XI-81	2001	СКМ, СКД
17	Кызыл-Джар	KZD	41,278	72,247	660	3-VII-1976	-	СКМ
18	Кунгей	KNG	42,667	76,920	2050	VIII-86	1999	СКМ
19	Манас	MNS	42,487	72,504	1515	V-1973	-	СКМ, СКД
20	Нарын	NRN	41,417	75,967	2120	1950	-	СКМ, СМТР, СБМ, СКД*
22	Ош	OSH	40,524	72,785	980	1977	-	СКМ, СБМ, СКД*
23	Пржевальск	PRJ	42,484	78,400	1835	VIII-1950	-	СКМ, СМТР, СКД*
24	Салам-Алик	SLA	40,871	73,804	1710	24-X-80	-	СКМ
25	Саруу	SAR	42,221	77,976	2060	6-IV-1981	1994	СКМ, СКД
26	Сопу-Коргон	SFK	40,013	73,503	2160	VII-1973	-	СКМ, СМТР, СБМ, СКД*
27	Терек-Сай	TRS	41,463	71,171	1640	8-VII-1976	-	СКМ
28	Терскей	TRK	42,064	76,571	2200	1986	-	СКМ, СКД
29	Токтогул	TKL	41,983	72,87	1320	1-VI-1981	-	СКМ
30	Фрунзе (Бишкек)	FRN (BIS)	42,833	74,617	830	1927	-	СКМ, СМТР, СБМ, СКД*
31	Чаувай	CHV	40,145	72,211	2120	1-VII-1978	-	СКМ
32	Чумыш	CHM	42,992	74,754	655	16-XI-1977	2002	СКМ, СКД
33	Шаты	SHT	42,775	78,375	2170	15-VII-84	1992	СКМ
34	Эркин-Сай	ERK	42,668	73,786	1180	1-VI-71	-	СКМ, СКД, СМТР, СБМ
35	Юрьевка	URV	42,689	75,052	1175	15-VIII-78	2001	СКМ, СКД

* С 1995 г. только на этих станциях приборы СКД продолжали работать

Цифровые станции Института сейсмологии Национальной Академии Наук Кыргызской Республики (KRNET)

№ П/П	НАЗВАНИЕ С/СТ	КОД С/СТ	КООРДИНАТЫ		Н, М	СРОКИ РАБОТЫ		АППАРАТУРА
			φ°	λ°		с	по	
1.	Бишкек	FRU	42,833	74,617	830	11.2007	-	CMG-3ESP + DM24
2.	Эркинсай	EKS	42,669	73,785	1180	11.2007	-	CMG-3ESP + DM24
3.	Нарын	NRN	41,422	75,970	2120	06.2008	-	CMG-3ESP + DM24
4.	Ананьево	ANVS	42,786	77,667	1860	11.2007	-	CMG-3ESP + DM24
5.	Арал	ARLS	41,854	74,329	1540	07.2008	-	CMG-3ESP + DM24
6.	Ош	OHH	40,524	72,785	700	03.2008	-	CMG-3ESP + DM24
7.	Аркит	ARK	41,800	71,967	1420	03.2008	-	CMG-3ESP + DM24
8.	Салом-Алик	SALK	40,883	73,821	1672	03.2008	-	CMG-3ESP + DM24
9.	Баткен	BTK	40,057	70,818	980	07.2009	-	CMG-3ESP + DM24

Цифровые станции Консорциума Университетов США (KNET), режим реального времени

№ П/П	НАЗВАНИЕ С/СТ	КОД С/СТ	КООРДИНАТЫ		Н, М	СРОКИ РАБОТЫ		АППАРАТУРА
			φ°	λ°		с	по	
1	Ала-Арча	AAK	42,637	74,495	1680	1991	-	STS-2 + REF TEK 72-08
2	Алмалы-Ашу	AML	42,13	73,677	3400	1991	-	STS-2 + REF TEK 72-08
3	Чумыш	CHM	42,999	74,751	655	1991	-	STS-2 + REF TEK 72-08
4	Эркин-Сай	EKS	42,661	73,777	1310	1991	-	STS-2 + REF TEK 72-08
5	Карагай-Булак	KBK	42,656	74,948	1744	1991	-	STS-2 + REF TEK 72-08
6	Кызарт	KZA	42,078	75,250	3520	1991	-	STS-2 + REF TEK 72-08
7	Токмок	TKM	42,920	75,597	2020	1991	-	STS-2 + REF TEK 72-08
8	Учтор	UCH	42,227	74,513	3840	1991	-	STS-2 + REF TEK 72-08
9	Улахол	ULH	42,229	76,225	2040	1991	-	STS-2 + REF TEK 72-08
10	Успенровка	USP	43,267	74,500	740	1991	-	STS-2 + REF TEK 72-08

Цифровые станции Центрально-Азиатского Института прикладных Исследований Земли, режим реального времени

№ П/П	НАЗВАНИЕ С/СТ	КОД С/СТ	КООРДИНАТЫ		Н, М	СРОКИ РАБОТЫ		АППАРАТУРА
			φ°	λ°		с	по	
1.	Аксай	ASAI	40,918	76,521	3023	25.07.2009		STS-2 + EDL PS6-24
2.	Тарагай	TARA	41,729	77,805	3530	14.08.2008		STS-2 + EDL PS6-24
3.	Энельчек	ENEL	42,153	79,455	2741	22.09.2008		STS-2 + EDL PS6-24

Цифровые станции Центрально-Азиатской мониторинговой сети, режим реального времени (CAREMON)

№ П/П	НАЗВАНИЕ С/СТ	КОД С/СТ	КООРДИНАТЫ		Н, М	СРОКИ РАБОТЫ		АППАРАТУРА
			φ°	λ°		с	по	
1.	Манас	MNS	42,487	72,504	1515	2009		CMG-3ESP, CMG-5T +CMG-DM24S6+CMG-EAM
2.	Суфии-Курган	SFK	40,013	73,503	2160	2009		CMG-3ESP, CMG-5T +CMG-DM24S6+CMG-EAM

Приложение 5.

Краткое содержание Шкалы сейсмической интенсивности MSK-64 (<http://seismos-u.ifz.ru/building.htm>)

Авторы: С.В.Медведев (СССР), Г.Шпонхойер (ГДР), В.Карник (Чехословакия)

Типы сооружений и зданий без антисейсмических усилений:

- Тип А - здания из кирпича сырца, сельские постройки;
- Тип Б - кирпичные, мелкоблочные, крупноблочные здания;
- Тип В - каркасные железобетонные, панельные, рубленые избы.

Классификация повреждений:

- 1 степень - Лёгкие: трещины в штукатурке;
- 2 степень - Умеренные: небольшие трещины в стенах, дымовых трубах;
- 3 степень - Тяжелые: глубокие трещины в стенах, падение дымовых труб;
- 4 степень - Разрушения: сквозные трещины, обрушение частей зданий, внутренних стен;
- 5 степень - Обвалы: полное разрушение зданий;

Описание сейсмического эффекта:

I балл - Неощутимое. Регистрируется приборами;
II балла - Едва ощутимое. Колебания ощущаются лишь отдельными людьми на верхних этажах зданий;
III балла - Слабое землетрясение. Ощущается некоторыми людьми, легкое раскачивание висящих предметов;
IV балла - Заметное сотрясение. Ощущается внутри зданий, раскачивание висящих предметов;
V баллов - Пробуждение. Ощущается внутри зданий, на открытых участках, наблюдается раскачивание висящих предметов, возможны повреждения 1-й степени в зданиях типа А;
VI баллов - Испуг. Падает мебель, люди пугаются и выбегают на улицу, возможны повреждения 1-й степени в отдельных зданиях типа Б и во многих зданиях типа А, отдельные случаи оползней;
VII баллов - Повреждение зданий. Испуг и паника. Многие люди с трудом удерживаются на ногах, во многих зданиях типа В повреждения 1-й степени; во многих зданиях типа Б повреждения 2-й степени во многих зданиях типа А повреждения 3-й степени, оползни и трещины на дорогах;
VIII баллов - Сильное повреждение зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 2-й степени; во многих зданиях типа Б повреждения 3-й степени во многих зданиях типа А повреждения 4-й степени, случаи разрыва стыков трубопроводов, оползни и трещины на дорогах;
IX баллов - Всеобщее повреждение зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 3-й степени, во многих зданиях типа А повреждения 5-й степени, случаи разрывы подземных частей трубопроводов, искривление ж/д рельсов;
X баллов - Всеобщее разрушение зданий. Во многих зданиях типа В- повреждения 4-й степени, в отдельных 5-й степени. Здания типа Б- повреждения 5-й степени, большинство зданий типа А -повреждения 5-й степени. Опасные повреждения плотин, дамб, разрывы и искривления подземных трубопроводов. Появляются трещины в грунтах от 0,2 до 1,0 м. Возможны большие оползни на берегах рек;
XI баллов - Катастрофа. Разрушение зданий хорошей полстройки, мостов, плотин, ж/д путей, шоссейные дороги приходят в негодность. Горные обвалы;
XII баллов - Изменение рельефа. Сильные повреждения, разрушения всех типов наземных и подземных сооружений. Радикальные изменения земной поверхности.



В чем заключается гуманитарная помощь осуществляемая Европейской Комиссией?

Начиная с 1992 года, Департамент Европейской Комиссии по оказанию гуманитарной помощи (ЕЧНО) оказала финансовую помощь миллионам пострадавшим от природных и техногенных бедствий за пределами Европейского Союза. Помощь направлена уязвимым слоям населения, независимо от их расы, этнической принадлежности, религии, тендерных различий, возраста, национальности и политических взглядов. Повышение уровня осведомленности среди населения является частью миссии департамента.

Сотрудничество с партнерами в полевых условиях

В деле оказания гуманитарной помощи, ЕЧНО работает с более чем 200 действующими партнерами, которые включают подразделения ООН, общества Красного Креста и Полумесяца, и неправительственные организации (НПО).

Основной донор

Европейская Комиссия - один из самых больших источников оказания гуманитарной помощи во всем мире. В 2008 г. она выделила 937 миллион Евро на гуманитарные программы. Эта цифра не включает в себя помощь, отдельно оказанную 27 странами-членами Европейского Союза. Помощь Европейской Комиссии была направлена на реализацию проектов в более чем 70 странах. Данные средства предназначены для оказания гуманитарной помощи в виде продовольствия, одежды, приюта, медикаментов, снабжения питьевой водой, санитарии, экстренных ремонтных работ и разминирования. Европейская Комиссия также финансирует деятельность по подготовке и смягчению негативных последствий в результате бедствий в регионах, особенно подверженных риску природных катастроф.



Секретариат Международной Стратегии по Снижению Бедствий обеспечивает координацию в системе ООН для создания общин, устойчивых к воздействию стихийных бедствий, посредством оказания помощи в повышении осведомленности о важной функции сокращения стихийных бедствий как неотъемлемой части устойчивого развития, цель которой заключается в снижении человеческих, социальных, экономических и экологических потерь в результате природных угроз и связанных с ними техногенных и экологических катастроф. С этой целью МССБ ООН способствует развитию связей, совместных действий и координации при осуществлении мероприятий по сокращению стихийных бедствий в социально-экономической и гуманитарной области, а также в сфере развития. МССБ ООН выполняет роль международной платформы сокращения риска, способствующей выработке комплексных стратегий, обмену информацией, планированию компаний по повышению осведомленности, и выпускающей статьи, журналы и другие публикации и пропагандистские материалы по теме сокращения стихийных бедствий. Головной офис Секретариата МССБ в Женеве осуществляет просветительские программы через свои региональные отделения в Латинской Америке, Африке и Средней Азии. Офис по осуществлению просветительских программ в Средней Азии расположен в г. Душанбе (Таджикистан). Цель центрально-азиатского отделения МССБ ООН заключается в том, чтобы помочь в адаптации и принятии в соответствующих странах руководящих принципов Хиогской Программы Действий (ХПД), и таким образом усилить координацию как на региональном, так и на национальном уровне.