

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ  
им. М.М. АДЫШЕВА

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И МОЛОДЕЖНОЙ  
ПОЛИТИКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. И. РАЗЗАКОВА  
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА И ГОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
им. У. АСАНАЛИЕВА

На правах рукописи  
УДК 550.34 (572.2)

Корженков Андрей Михайлович

**СЕЙСМИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ ГОЛОЦЕНА И  
ПЛЕЙСТОЦЕНА ТЯНЬ-ШАНЯ (в пределах территории  
Кыргызстана и прилегающих районов)**

(25.00.01 Общая и региональная геология)

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени доктора  
геолого-минералогических наук

Бишкек 2007 г.

Handwritten notes and signatures, including the number 24 and the date 08-02.

Работа выполнена в Институте сейсмологии НАН КР

Научный консультант - доктор геолого-минералогических наук, профессор  
Абдрахматов Канатбек Ермакович

**Официальные оппоненты:**

доктор геолого-минералогических наук, профессор, член-  
корреспондент НАН КР Боконбаев Кулубек Джоомартович  
доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик  
Республики Саха (Якутия) Имаев Валерий Сулейманович  
доктор физико-математических наук, член-корреспондент НАН  
КР Сабитова Тамара Михайловна

Ведущая организация Научная станции РАН в г. Бишкек

Защита состоится 16 марта 2007 г. в 13.00 часов  
на заседании Совета по защите диссертаций Д25.07.343 при  
Институте геологии НАН КР по адресу:  
720481, Бишкек, б-р Эркиндык 30

Тел.: +996 312 662880                      Факс: +996 312 682588  
E-mail: geol@istc.kg

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геологии  
НАН КР по адресу: 720481, Бишкек, б-р Эркиндик 30

Автореферат разослан 14 февраля 2007 г.

Решением диссертационного совета от 9 ноября 2006 г. № 5  
диссертация принята к защите и разрешается печатание автореферата.

Председатель  
диссертационного совета



доктор геол.-мин. наук  
Сакиев К.С.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



кандидат геогр. наук  
Абылмейзова Б.

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы диссертации**

Изучение современных геологических процессов и выявление их особенностей, позволяет, используя принцип актуализма, перейти к анализу действия этих процессов в геологическом прошлом. Кроме того, хорошая сохранность следов проявлений голоценового и позднелайстоценового тектогенеза позволяет надежно обособить их от более ранних неотектонических образований и количественно оценить вертикальные и горизонтальные движения земной коры. Эти данные являются ключом для решения вопросов происхождения и формирования новейших структур, некоторых проблем истории возникновения и развития современного рельефа и его отдельных форм.

Проблема изучения последствий сильных землетрясений Тянь-Шаня (в том числе и доисторических), привлекает внимание исследователей по следующим причинам. Во-первых, параметры современных землетрясений известны, их последствия отчетливо видны на поверхности, что позволяет изучить их детально, используя полученные результаты при восстановлении особенностей древних сейсмических событий. Во-вторых, изучение этих последствий позволяет восстановить современное напряженное состояние земной коры, что позволяет сделать более обоснованными оценки сейсмической опасности тех или иных территорий

В предлагаемой работе мы попытались использовать наш опыт, накопленный при полевом изучении последствий современных сильных землетрясений, таких как Кочкор-Атинское (1992 г.;  $M=6,2$ ;  $I=VII-VIII$  баллов), Суусамырское (1992 г.;  $M=7,3$ ;  $I=IX-X$  баллов) и некоторых других для восстановления истинных причин разрушений в средневековых археологических памятниках; для использования деформационных структур в озерных осадках озера Иссык-Куль при оценке сейсмической опасности указанной территории; а также для изучения многочисленных палеосейсмодислокаций, выявляемых повсеместно на Тянь-Шане.

Исследования сейсмических деформаций (в зданиях или в рельефе) имеют большое значение. Именно эти данные нужны для реконструкции параметров древних землетрясений. Следует отметить, однако, что в распоряжении исследователей сейсмогеологии Тянь-Шаня имеется весьма ограниченный ряд достоверных данных по сильным землетрясениям территории. Исторические данные охватывают лишь интервал в 150-200 лет, а период инструментальных наблюдений – менее 100 лет. Однако для оценки сейсмической опасности региона критически необходим достаточно длинный статистический ряд событий (сотни - тысячи лет), включающий данные по координатам эпицентров древних

толчков, предполагаемой магнитуде событий, а также (если возможно) времени их возникновения. Только в этом случае, полученные выводы могут характеризовать направленные изменения напряженного состояния земной коры, а не случайные флуктуации сейсмического режима достаточно больших по площади территорий.

Необходимо отметить важность изучения палеосейсмодислокаций для оценки сейсмической опасности территории Кыргызской Республики. Так, например, согласно Карте сейсмического районирования территории Кыргызской ССР, составленной в 1977 г. (Джанузаков и др., 1977) территория Центрального Тянь-Шаня представлялась как слабосейсмичная, с максимально возможными сотрясениями в VII-VIII баллов. Сильные землетрясения предполагались лишь для внешних частей орогена. Это предположение основывалось на факте отсутствия сильных землетрясений в указанном регионе по историческим и инструментальным данным. В 1992 году в Суусамырской впадине произошло сильное землетрясение. Сейсмическая интенсивность его составила IX-X баллов, в то время как на существующей карте максимальная сейсмическая сотрясаемость была оценена лишь в VII-VIII баллов. В 1996 г. была составлена новая карта (Джанузаков и др., 1996) сейсмического районирования. Исходная балльность для внутренних районов Тянь-Шаня была значительно повышена. Однако и она, по данным автора диссертации, во многих случаях представляет заниженные оценки.

Предлагаемая диссертационная работа является первой попыткой обобщения многочисленных сейсмогеологических данных по территории Тянь-Шаня. Собранные данные являются базовыми при переоценке сейсмической опасности территории Тянь-шаньского орогена. Таким образом, эти материалы имеют не только научное, но и прикладное значение.

#### Связь темы диссертации с крупными научными программами

Работа выполнялась в соответствии с основными научно-исследовательскими работами, проводимыми Институтом сейсмологии НАН КР по Государственной теме: Разработка научных основ оценки сейсмической опасности территории Кыргызской Республики, также детальному сейсмическому районированию отдельных регионов и долгосрочному прогнозу сильных землетрясений Тянь-Шаня.

#### Цели и задачи исследований

Основной целью настоящей работы являлось выявление на основе комплексного анализа геолого-геоморфологических и сейсмогеологических материалов сейсмогенных деформаций в рельефе,

рыхлых осадках и зданиях на территории Тянь-Шаня, возникших в голоцене и плейстоцене для повышения точности оценки сейсмической опасности территории Кыргызской Республики. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1. Детальное изучение последствий современных сильных землетрясений Тянь-Шаня для распространения полученных знаний для выявления и исследования исторических и палеоземлетрясений.

2. Выявление сейсмических деформаций в археологических памятниках Тянь-Шаня.

3. Выявление следов древних сильных землетрясений в озерных осадках озера Иссык-Куль.

4. Детальное картирование сейсмодислокаций, исторических и палеоземлетрясений для выявления эпицентров этих сейсмических событий, оценки энергии сейсмокатастроф и определения их возраста.

#### Научная новизна полученных результатов

Осуществлено первое крупное обобщение результатов изучения сейсмических деформаций голоцена и плейстоцена Тянь-Шаня. Это обобщение позволяет решить крупную научную проблему - выявление особенностей развития и механизмов образования сейсмогенных структур в четвертичное время.

1. Приведено детальное описание последствий современных сильных землетрясений: Кочкор-Атинского (1992,  $M=6,2$ ,  $I=VII-VIII$ ) и Суусамырского (1992,  $M = 7,3$ ,  $I=IX-X$ ). Для последнего сейсмического события исследован широкий спектр возникших сейсмодислокаций сейсмотектонического, сейсмогравитационного и переходного типов. Установлены величины сейсмогенных подвижек и их кинематика. Впервые установлено значительное распространение так называемых «слепых» разрывов при сильных современных землетрясениях, обусловленных влиянием мощного чехла в кайнозойских впадинах Тянь-Шаня на распространение сейсмического разрыва к поверхности. При обоих землетрясениях формировались так называемые «слепые» разрывы, не достигшие поверхности (при Кочкор-Атинском событии), либо на земной поверхности проявились лишь 10 % от общей длины сейсмогенного разрыва (при Суусамырском землетрясении). Подобные слепые разрывы приводящие к складко- и флесурообразным изгибам земной поверхности характерны также и для палеоземлетрясений (как, например, в Суусамырской и Иссык-Кульской впадинах).

2. На основе изучения примеров деформаций в современных зданиях, подвергшихся воздействию сильных землетрясений Тянь-Шаня, автором была усовершенствована методика археосейсмологического изучения руин древних сооружений. Эта новая методика была впервые

применена при исследовании средневековых поселений Северного Тянь-Шаня: Акырташ, Каменка и Талгар. Было доказано, что разрушение вышеназванных городов произошло вследствие сильных землетрясений прошлого, а не в связи с повторяющимися военными нашествиями VIII-XIV веков. Выявлен эпицентр и определена магнитуда неизвестного до сих пор землетрясения в Северном Прииссыккулье, произошедшем в начале XII века.

3. Впервые детально описаны, изучены и классифицированы следы древних землетрясений в озерных осадках Иссык-кульской и Кок-Мойнокской впадин – сейсмита. Эти сейсмогенные конволюции образуются при землетрясениях с  $M > 5$  и являются надежными критериями оценки сейсмической опасности региона, наряду с палеосейсмодислокациями. Определены возрастные интервалы повторяющихся землетрясений Иссык-кульской впадины по люминесцентным датировкам.

4. Впервые в данной работе приводится систематическая сводка детальных описаний палеосейсмодислокаций Тянь-Шаня. Невзирая на отсутствие сильных землетрясений в пределах Центрального Тянь-Шаня за последние 200 лет, отмечается его высокая сейсмическая активность в голоцене (в том числе и позднем голоцене) и плейстоцене. Строение многих сейсмогенных разрывов впервые изучалось с помощью проходки траншей вкрест их простираения с отбором образцов на определение абсолютного возраста. Выявлены многочисленные неизвестные ранее эпицентры древних землетрясений, оценена их магнитуда (чаще всего  $M \geq 7$ ) и определен их приблизительный возраст, а также повторяемость сильных землетрясений с использованием методов определения абсолютного возраста, таких как радиоуглеродный и люминесцентный. Так, например, уточнен эпицентр Баласогунского землетрясения 1475 г. в Чуйской впадине; определен эпицентр древнего землетрясения 500 г. на СЗ Иссык-Кульской впадины; выявлен эпицентр, определены магнитуда и возраст неизвестного сильного землетрясения XIII века в Каракуджурской впадине.

5. На основе проведенных автором исследований показано, что сейсмическая опасность территории Тянь-Шаня до сих пор является существенно заниженной. Поэтому полученные результаты являются основой для улучшения нашего понимания сейсмотектоники Тянь-Шаня, а также внесения значительных корректив в будущую Новую карту сейсмического районирования территории Республики Кыргызстан.

#### **Практическая и экономическая значимость полученных результатов**

Результаты проведенных автором исследований были использованы при паспортизации сейсмических станций «Ала-Арча»,

«Белогорка» и «Юрьевка» Опытной-методической сейсмологической экспедиции Института сейсмологии НАН КР. Разработан план для геологической паспортизации сейсмических станций.

Отдельные положения и результаты диссертации были внедрены в производство при составлении кондиционных геологических карт 1:50 000 масштаба, выполненных Геологическим управлением КР для отдельных районов бассейнов рек Талас, Чаткал, Каракульджа, Узунахмат.

Результаты проведенных автором исследований были использованы при составлении новой «Карты сейсмического районирования Кыргызстана», вышедшей в свет в 1996 г.

Разработанная автором методика археосейсмологических исследований используется при изучении археологических и исторических памятников в Германии, Израиле, Иордании, Казахстане и Турции.

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

1. На основе детального изучения последствий современных сильных землетрясений: Кочкор-Атинского (1992,  $M=6,2$ ,  $I=VII-VIII$ ) и Суусамырского (1992,  $M = 7,3$ ,  $I=IX-X$ ), установлено значительное распространение «слепых» разрывов при современных сильных землетрясениях Тянь-Шаня.

2. При исследовании средневековых поселений Северного Тянь-Шаня впервые доказана правомочность и эффективность археосейсмологического метода для оценки сейсмической опасности.

3. В озерных отложениях Иссык-Кульской и Кок-Мойнокской впадин впервые выявлены и детально описаны сейсмита (сейсмогенные конволюции) - следы древних землетрясений, которые являются надежным критерием выявления древних сейсмических катастроф.

4. Невзирая на отсутствие сильных землетрясений в Центральном Тянь-Шане последние 200 лет, доказана высокая сейсмическая активность этого региона в голоцене (в том числе и позднем) и плейстоцене.

5. Сейсмическая опасность территории Кыргызской Республики до сих пор является существенно заниженной, что требует внесения существенных корректив в Карту сейсмического районирования территории Республики Кыргызстан.

#### **Методика исследований**

Основным методом выявления палеосейсмодислокаций являлся палеосейсмогеологический метод (В. П. Солоненко, А. А. Никонова и др.). Исследования начинались с дешифрирования аэрофото- и



космоснимков, которые продолжались в полевых условиях детальным картированием и изучением деформаций (преимущественно) молодых форм рельефа и слагающих их отложений. Величины смещений по сейсмоуступам измерялись с помощью оптического нивелира и лазерного тахеометра. Строение сейсмогенных разрывов исследовались с помощью проходки траншей вкост их простираения и детальной документации их стенок. Возраст сейсмических событий, определялся по комплексу геолого-геоморфологических методов, но в отдельных местах методами абсолютного датирования: люминесцентным и радиоуглеродным. Выявление сейсмогенных конволюций в озерных осадках – сейсмитах – проводилось с помощью признанного во всем мире набора их критериев. Сейсмогенные деформации археологических памятников определялись с помощью археосейсмологического метода, разрабатываемого, в частности, автором работы.

#### Личный вклад соискателя

Для написания данной работы использовался прежде всего собственный материал автора, собранный им за 25 лет работы в Институте сейсмологии НАН КР (1981-2006 гг.) на территории Тянь-Шаня. Им были исследованы и закартированы активные разломы и сейсмодислокации в пределах Кыргызской Республики, для некоторых из них были определены абсолютные возрасты с использованием люминесцентного и радиоуглеродного методов. Автором были выявлены и описаны сейсмогенные конволюции в озерных осадках озера Иссык-Куль: в одноименной и Кок-Мойнокской впадинах, в отдельных разрезах определен их абсолютный возраст. Автором проводились исследования на археологических объектах Северного Кыргызстана и Южного Казахстана, подвергшихся сильным древним землетрясениям. В изучении последствий современных землетрясений (Кочкор-Атинского:  $M=6,2$  и  $I = VII-VIII$  баллов и Суусамырского:  $M = 7,3$  и  $I = IX-X$  баллов) автор принимал непосредственное участие.

Было проведено дешифрирование аэрофото- и космоснимков по всей территории Тянь-шаньского орогена. Были использованы также многочисленные опубликованные статьи и монографии, а также материалы Государственного агентства по геологии и минеральным ресурсам Республики Кыргызстан, Фондов Института геологии НАН КР, ВСЕГЕИ и Российского географического общества.

#### Апробация результатов диссертации

Результаты исследований, проведенных автором, докладывались на различных региональных и международных научных встречах: 7-м Рабочем совещании Ассоциации Французских археосейсмологов

(Перпиньян, Франция, 2005); 3-м Международном симпозиуме «Геодинамика и геозкология высокогорных регионов в XXI веке» (Бишкек, 2005); 4-й Международной конференции «Геология и цивилизация» (Санкт-Петербург, Россия, 2005); Научно-практической конференции «Неотложные проблемы физики, образования и экологии», посвященной 60-летию проф. В. М. Лелевкина, Кыргызско-Российский (Славянский) университет (Бишкек, 2004); 1-й Конференции Клуба А. Гумбольдта в Казахстане «Индустриальный и экологический профиль Казахстана: традиции Александра фон Гумбольдта и исследованиях и анализе» (Алматы, Казахстан, 2003); Втором международном симпозиуме: «Геодинамика и геозкологические проблемы высокогорных регионов» (Бишкек); Седьмом Международном симпозиуме: «Спутниковая картография высокогорных стран» (Бишкек, 2002); Рабочем совещании Группы «Историческая сейсмология» Европейской сейсмологической комиссии (Вена, Австрия, 2001); 25-й Генеральной ассамблее Европейского геофизического общества (Ницца, Франция, 2000); 14-м Рабочем совещании по Гималаям, Каракоруму и Тибету (Кластер Этал, Германия, 1999); Всероссийском совещании «Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в XXI веке» (Санкт-Петербург, Россия, 1988); Азиатской региональной ассамблее Международной ассоциации по сейсмологии и недрам Земли (Танг-Шань, Китай, 1996); Международной конференции «Высокогорные исследования: изменения и перспективы в XXI веке» (Бишкек, 1996); Ежегодной конференции Израильского геологического общества (Эйлат, Израиль, 1996); Ежегодной конференции Американского геологического общества (Сизтл, США); Всесоюзной конференции молодых ученых «Актуальные вопросы геологии, геофизики и сейсмологии» (Бишкек, 1993); Всесоюзной конференции молодых ученых (Фрунзе, 1990); VIII Межреспубликанской научной конференции молодых ученых АН Киргизской ССР (Фрунзе, 1986).

Материалы, вошедшие в диссертационную работу, представлялись на факультетских семинарах: Индианского университета (Блумингтон, США, 1994), Рамонского научного центра (Мишпе-Рамон, Израиль, 1994), Университета Нью Орлеана (Нью Орлеан, США, 1994, 2003); Университета Южной Калифорнии (Сан-Франциско, США, 1995), Калифорнийского университета Санта Барбары (Санта Барбара, США, 1995), Потсдамского университета (Потсдам, Германия, 1996; 2000); Санкт-Петербургского государственного университета (Санкт-Петербург, Россия, 1998, 2005); Аризонского университета (Темпе, США, 2003), Объединенного института геологии и геофизики СО РАН (Новосибирск, Россия, 2003); Национального института геофизики и вулканологии (Рим,

Италия, 2004), а также ученых советах Института сейсмологии НАН КР, Научных семинарах Института сейсмологии.

#### **Опубликованность результатов**

Основные результаты проведенных исследований опубликованы в монографии «Сейсмогеология Тянь-Шаня» (2006), а также в 79 статьях в различных сборниках и журналах местных изданий, ближнего и дальнего зарубежья, частью написанных с соавторами.

#### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из 4 глав, введения и заключения, содержит 248 страниц машинописного текста, 298 рисунков, 9 таблиц и списка литературы из 308 названий.

При сборе материала, полевых исследованиях, анализе данных, вошедших в эту работу, большую помощь автору оказали К.Е. Абдрахматов, Ф. Апаров, К.М. Байпаков, А.Ю. Беккер, Б.М. Богачкин, Ф. Григорьев, В.В. Киселев, А.А. Конюхов, А.Г. Конюхов, И.Н. Лемзин, Э. Мамыров, А.В. Миколайчук, М. Омуралиев, Л.А. Орлова, Ю. Пешков, И.Э. Поволоцкая, Т.В. Савельева, И. Садыбакасов, А.Л. Стром, А.К. Трофимов, К. Табалдиев, А. Турдукулов, Ч.У. Утиров, Г.Ф. Уфимцев, А.Б. Фортуна, Т.А. Чаримов, К. Шаршеев, О.К. Чедия, R. Arrowsmith, D. Bowman, C. Chang, C. Crosby, S. Ghose, M. Hamburger, E. Mazor, T. Pavlis, N. Porat, M. Strecker, B. Szassny, P. Tourtellott. Автор искренне признателен всем названным коллегам.

Качество работы в значительной степени улучшилось после конструктивных и полезных замечаний научного консультанта – проф. К.Е. Абдрахматова.

Эти исследования были проведены при финансовой поддержке Института сейсмологии НАН КР, а также при поддержке INTAS, грант 96-1923; ISTC, проекты KR-357, KR-583, KR-1281; US CRDF, проекты KYG2-2542-BI-03, KYG2-2820-BI-06; гранта Национального географического общества США 6524-99. Автор очень признателен Геологической службе США за финансовое обеспечение его стажировки в США в 1994-1995 гг.; Немецкой службе академических обменов (Deutscher Akademischer Austauschdienst - DAAD), а также Фонду Александра фон Гумбольдта за финансовое обеспечение его стажировок в Германии в 1996, 1999-2002 гг.

## **ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ**

### **Макросейсмическое обследование и геологические условия Кочкор-Атинского (1992, $M_{LH} = 6,2$ ) землетрясения**

Приводится описание геологических условий сильного землетрясения, произошедшего 15 мая 1992 г. в северной части Ферганской впадины, Кыргызстан. Макросейсмический (полевой) эпицентр землетрясения удовлетворительно совпадает с эпицентром, определенным по инструментальным данным и приурочен к узлу, образованному северо-западным звеном флексурной зоны и растущей повейшей Избаскентской антиклиналью субширотного простирания. Максимальные разрушения приурочены к северо-западному звену, по которому произошли подвижки. В районе с. Бурганды юго-западное окончание структуры испытало вспарывание, поэтому здесь максимальные разрушения вытянулись в виде полосы с юго-запада на северо-восток, согласно простиранию флексуры. Разрушению многих домов способствовали и грунтовые условия (лессовидные суглинки) и строительный материал, из которого были сложены дома (сырцовый кирпич, саман, глинобитные стены).

### **Макросейсмическое обследование Суусамырского землетрясения (18.08.1992; $M_s = 7,3$ ; $I_0 = IX-X$ )**

При сильном землетрясении, произошедшем 19 августа 1992 г. в Суусамырской впадине на Северном Тянь-Шане, сейсмический очаг вышел на поверхность в виде протяженной, субширотно ориентированной системы сейсмотектонических и сейсмогравитационных деформаций рельефа. Сейсмологические данные о повторных толчках, собранные в очаговой зоне сетью временных станций, позволили оконтурить проекцию очага на поверхности и проследить его структуру на глубине. Сейсмическая подвижка произошла по круто падающей на юг плоскости и имела взбросо-сдвиговый характер. Очаг землетрясения расположен в пределах сложного дизъюнктивного узла, образованного системой разломов северо-западного (таласо-ферганского) и близширотного (тянь-шаньского) направлений. Сейсмогенерирующими явились движения по разломам северо-западной ориентировки, приведшие к интенсивному локальному сжатию в районе Арамсуйского тектонического блока. Локальное сжатие вызвало импульсное воздымание блока и надвигание его по близширотному разлому на Суусамырскую котловину. Этот процесс и ранее приводил к сильным землетрясениям в данном районе.

## ГЛАВА 2. АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Структурная реконструкция сейсмических событий: руины древних городов как окаменевшие сейсмоскопы

Повреждения, наблюдаемые в древних руинах, могут быть вызваны такими процессами, как результат плохой строительной технологии, выветривание с течением времени (статическое повреждение), разрушения вражескими армиями, или результат землетрясений. Данный раздел адресует потенциальное использование особенностей разрушений, наблюдаемых в древних (так же как и в современных) руинах как количественный инструмент для решения трех главных задач: а – продление сейсмической летописи на временной интервал в тысячи лет, б – локация эпицентров методом независимым от сейсмической сети и дополняющим ее, в – идентификация зон с сейсмически наведенной деформацией сжатия и растяжения. Особенности сейсмических повреждений, примененные в данном исследовании к археологическим местам, были предварительно прокалиброваны нами при исследовании Кочкор-Атинского и Суусамырского землетрясений (оба – в 1992 г, Кыргызстан). Установлено, что преимущественно ориентированные особенности обрушения, наклона, вращения стен, ограждений, арок и других элементов зданий являются надежным инструментом для реконструкции сейсмических событий. Поскольку древние города расположены на всей территории Тянь-Шаня и окружающих регионов, данные по археосейсмологии являются важным дополнением к методам оценки повторяемости сильных землетрясений, определения местоположения эпицентров древних толчков и их силы.

#### Археолого-сейсмологические исследования некоторых средневековых памятников Северного Тянь-Шаня на Великом шелковом пути

Следы сейсмических разрушений были обнаружены при обследовании средневековых городов, расположенных вдоль 200-километрового отрезка северной ветки Великого Шелкового пути в Южном Казахстане и процветавших в период от VIII до XIII в. н. э. Исследования древних сооружений с использованием метода археосейсмологического картирования проводились в двух средневековых поселениях: Талгар (Талхир) и Акырташ. В обоих древних населенных пунктах, в которых производились археологические раскопки, были выявлены отчетливые следы сейсмических деформаций: разрывы стен, наклоны и обрушения стен, горизонтальные смещения каменных блоков, вращения блоков. Интенсивность сейсмических колебаний, приведших к разрушению строений, была оценена в VIII–IX

баллов для средневекового города Талгара и IX–X баллов для архитектурного памятника Акырташ. По характеру сейсмических разрушений удалось определить направления распространения сейсмических волн. Так сейсмические движения, разрушившие памятник Акырташ, распространялись по оси ССЗ–ЮЮВ и сейсмический эпицентр располагался неподалеку от городища. Эпицентр землетрясения, разрушивший средневековый Талгар, располагался в непосредственной близости от города. В связи с тем, что этот отрезок Шелкового пути расположен вдоль северной границы Тянь-Шаньского горного пояса, одной из наиболее активных сейсмических областей Евразийского континента, запустение этих городов объясняется именно природными катастрофами.

#### Использование археосейсмологического метода для выявления следов сильных землетрясений на примере Каменской средневековой крепости в Северном Прииссыккулье

Наши исследования в Северном Прииссыккулье показали, что стены Каменской средневековой крепости пересечены сейсмогенным разломом, характеризующимся вертикальной и горизонтальной (левосторонней) компонентами смещения. Магнитуда землетрясения, определенная по параметрам уступа, составляет  $M=7,4$ , что соответствует сейсмической интенсивности  $I_0 = IX-X$  баллов по шкале MSK-64. Согласно радиоуглеродному датированию образцов и археологическим находкам, возраст землетрясения относится к первой половине XII века. Движения вдоль разлома послужили причиной разрушения крепости и ее оставления, а не нашествие монголо-татарских войск, как это считалось ранее.

Приведенные во второй главе данные должны быть использованы для более точной оценки сейсмической опасности и сейсмического риска территории Северного Тянь-Шаня. Также, изложенные археосейсмологические данные могут послужить началом составления сейсмического архива, хранящего информацию о сильных землетрясениях за период в тысячи лет, дополнение которого может стать основой межрегионального и международного сотрудничества.

## ГЛАВА 3. СЕЙСМИЧЕСКИЕ КОНВОЛЮЦИИ

### В ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ

Деформационные структуры в рыхлых осадках – обычное явление в неуплотненных и водонасыщенных песках, переслаивающихся с алевроитами или глинами. Они описаны во многих статьях в различных седиментационных обстановках, в частности, в озерных слоях (Hempton and Dewey, 1983; Anand and Jain, 1987; Scott and Price, 1988). Рыхлые



осадки описываются как потерявшие прочность из-за того, что они становятся разжиженными (Lowe, 1975). Во многих случаях деформации были вызваны сотрясениями во время землетрясений.

Тянь-Шань является одним из наиболее сейсмически активных регионов мира и известен своими сильными землетрясениями. Среднеплейстоценовые – голоценовые озерные осадки Иссык-Кульской впадины восприимчивы к интенсивной сейсмической активности, однако до второй половины 1990-х годов отсутствовали попытки исследовать деформационные структуры в этих отложениях как свидетельства древних землетрясений, продлить вглубь тысячелетий сейсмическую летопись. Целью данной главы являлось установление закономерностей формирования деформационных структур в осадках в районе озера Иссык-Куль и его Кок-Мойнокского позднеплейстоценового палеозалива, а также оценка их значения как индикаторов палеосейсмичности.

Анализ накопленных полевых данных, собранных на Тянь-Шане позволил автору сделать заключение о сейсмической природе описанных выше деформационных структур. Результаты наших исследований позволили также сделать вывод о том, что наблюдаемые и описанные формы являются сейсмитами верхнеплейстоценового возраста (10–26 тыс. лет), расположенными в высотном интервале 25 м, начиная с 7 м от современного уровня оз. Иссык-Куль.

Полученные полевые материалы также указывают на сейсмогенный характер наблюдаемых нами деформационных структур в озерных осадках Кок-Мойнокской впадины. Будущие определения абсолютного возраста сейсмогенных конволюций в этих отложениях, наряду с палеосейсмодислокациями, послужат надежным источником информации для определения повторяемости сильных землетрясений в четвертичное время.

#### ГЛАВА 4. ПАЛЕОСЕЙСМОДИСЛОКАЦИИ ТЯНЬ-ШАНЯ

##### Активные разломы и сейсмодислокации

К новейшим отнесены разломы, активизация которых проявлялась в течение всего или какого-либо временного отрезка новейшего этапа длительностью около 30–35 млн. лет (Чедия, 1986). Однако, для сеймотектонических представлений больший интерес представляют лишь те из них, активность которых подтверждается в самое последнее – голоценовое и позднеплейстоценовое время (Трифонов, 1985). Эти разрывы рвут отложения и элементы рельефа, образованные в рамках указанного возраста. Кроме того, к ним могут быть приурочены различные дислокации, связанные с сотрясением местности при землетрясении. Вслед за Н.А. Флоренсовым (1960) и его

последователями (Солоненко, 1962, 1970, 1973; Никонов, 1984; Хромовских и Никонов, 1984, Nikonov, 1995), мы среди сейсмодислокаций выделяем сейсморазрывные, проявленные в импульсном оживлении ранее существующих или в образовании новых разрывов, и сейсмогравитационные, образованные гравитационными процессами, вызванными сотрясением. Выделение последних всегда оставляет место для сомнений, так как гравитационные процессы могут происходить и без землетрясений. Поэтому при выделении таких форм всегда обращается внимание на их ассоциацию с сейсморазрывными структурами, приуроченность к разломам, которым свойственны импульсивные проявления подвижек, а также учитываются рассказы очевидцев об образовании свалов, обвалов, оползней в связи с землетрясениями, происходившими при их жизни.

Среди этих двух типов дислокаций имеются и промежуточные: например, разного масштаба сбросы, которые в одних случаях могут вызываться простыми сотрясениями, а иногда и оживлением перемещений крыльев того или иного разлома.

Наконец, если под “сейсмодислокациями” понимаются формы, образованные известными (“историческими”) землетрясениями, то “палеосейсмодислокациями” именуется формы, образованные в глубокой древности землетрясениями, которым не было свидетелей среди живых людей и о которых не сохранилось никаких описаний.

##### *История изучения палеосейсмодислокаций Тянь-Шаня*

В пределах Тянь-Шаня специальные исследования по изучению палеосейсмодислокаций были осуществлены целым рядом исследователей. Это работы В.Г. Кучая (1969, 1972, 1974); А.А. Никонова (1975, 1977); Ч.У. Утирова (1975, 1978, 1987); А.Л. Строма (1982, 1994); Ходжаева (1986); А.М. Корженкова и О.К. Чедия (1986); О.К. Чедия (1986); К.Е. Абдрахматова (1988, 1991, 1995); К.Е. Абдрахматова и др. (1988, 1994, 2002, 2005); К.Е. Абдрахматова и И.Н. Лемзина (1990; 1991, 1997); М. Омуралиева и Т.А. Чаримова (1990); К.Е. Абдрахматова и В.Е. Цуркова (1991, 1992); Т.А. Чаримова (1991); V.S. Shibakova et al. (1992); J.P. Avouac et al. (1993); А.М. Корженкова и Т.А. Чаримова (1993); Т.Р. Belousov et al. (1994); А.М. Корженкова (1993, 1997, 1999а, б, 2000); А.М. Корженкова и др. (1994, 2003); A.L. Strom (1994, 1996, 1998); О.К. Чедия и др. (1994); Q. Deng et al. (1996); О.К. Чедия и А.М. Корженкова (1997); А. Tibaldi et al. (1997); М. Омуралиева и др. (1998); А. Tibaldi (1998); О.К. Chediya et al. (1998, 2000); R. Arrowsmith and M. Strecker (1999); А.М. Korjenkov et al. (1999, 2004а, б); К.Е. Abdrakhmatov et al. (2002); Т.А. Чаримова и др. (2005) и ряд других. Тем не менее, до сих пор не принималось попыток свести эти данные воедино.



### *Сейсмотектонические структуры Тянь-Шаня*

Для исследователей совершенно очевидно, что формирование уступа связано с подвижками по активному разлому, однако мы не можем утверждать со стопроцентной достоверностью каковыми были эти подвижки: 1) была ли это серия импульсных подвижек, обусловленных сильными землетрясениями; 2) или это было чередование импульсных и криповых движений; 3) не исключено также, что названный уступ был сформирован криповыми движениями (Трифонов, 1985).

Разрывные смещения, зарождающиеся в очаговых зонах сильных землетрясений, достигая поверхности земли, проявляются в виде линейных сейсмотектонических дислокаций или остаточных деформаций. Сейсмотектонические разрывы в ходе вспарывания старых или возникновения новых разломов имеют разную глубину заложения, но обязательно фиксируют эпицентральную зону землетрясения.

Имеется ряд характерных признаков, позволяющих выделять так называемые сейсмотектонические образования от асейсмогенных (Солоненко, 1962, 1973 и др.). Такие остаточные деформации: 1) приурочиваются к зонам активизированных в новейшее время разломов или располагаются в пределах активно развивающихся морфоструктур; 2) простираются несогласно пластике рельефа, затрагивая различные геоморфологические образования; 3) поднятые крылья сейсмогенных разрывов образуют уступы; 4) данные дислокации хорошо сохраняются в рельефе. Если рассматриваемый уступ отвечает всем перечисленным выше признакам, то в дальнейшем мы будем именовать его как сейсмоуступ, а подвижки по разлому, приведшие к его формированию – сейсмогенными.

В пользу того, что исследуемый уступ на Тянь-Шане был сформирован преимущественно импульсными подвижками, могут выступать следующие доказательства: 1) исследованная территория относится к зоне высокой сейсмической активности, характеризующейся сильнейшими историческими сейсмогенными катастрофами, такими как, например, Кебинское (1911 г.) землетрясение с  $M > 8$ , во время которого формировались сейсмоуступы высотой до 10 м (Богданович и др., 1914); 2) эпицентральные области этих землетрясений и окружающие регионы характеризуются широким развитием палеосейсмодислокаций, в том числе и значительными сейсмоуступами; 3) высокогорные районы характеризуется высокой скоростью эрозионного вреза и предгорной аккумуляции, то есть в случае медленных криповых движений анализируемый уступ неминуемо должен был быть размыт водами рек и временных водотоков или перекрыт (засыпан) мощной толщей пролювиальных отложений.

В числе подобных сейсмоуступов, вдоль которых происходило неоднократное вспарывание земной поверхности, можно назвать Кокджертинский уступ в Нарынской впадине, Южно-Актекинский разлом и одноименный уступ в Иссык-Кульской впадине, уступ, сформированный вдоль Иссык-Атинского разлома в Чуйской впадине и многие другие.

### *Переходные - гравитационно-сейсмотектонические дислокации*

По В.С. Хромовских и А.А. Никонову (1984) гравитационно-сейсмотектонические сейсмодислокации возникают только в горных районах, обычно в зонах сейсмогенных разломов, узлах их пересечения или схождения. Реже они формируются или обновляются при пассивном вскрытии старых ослабленных швов в период сильных землетрясений. К ним названные авторы относят гравитационно-сейсмотектонические клинья, выколы склонов гор и оседания (провалы) и сколы вершин гор.

Подобные формы на Тянь-Шане образовывались как во время современных землетрясений, так и палеосейсмодислокаций. Так, например, во время Суусамырского землетрясения 1992 г. водораздельная часть хребта Чет-Корумды просела по серии сопряженных сбросов, образовав многоступенчатые грабены. Ниже по склону образовались заколы – места будущих воронок отрыва оползней. Подобные палеоформы в рыхлых грунтах наблюдались нами в Каракуджурской впадине, а в скальных образованиях – в Суусамырской впадине (Абдрахматов, 1995).

### *Сейсмогравитационные структуры Кыргызстана*

Процессы гравитации в горных районах развиты чрезвычайно широко. Результат их действия может быть представлен разнообразными фациями: от солифлюкционно-делювиально-коллювиального ряда до крупных оползней и обвалов включительно. К сейсмогравитационным могут быть отнесены лишь те из них, которые имеют генетическую или в общем случае пространственную связь со структурами сейсморазрывного (или сейсмотектонического) ряда (Чедия и др., 1994). Так, при сильных землетрясениях удается непосредственно наблюдать такие явления, как сход лавин, образование камнепадов, следы которых не сохраняются на длительные промежутки времени. Доказать принадлежность гравитационных форм типа оползней, осовов, обвалов к сейсмопроявлениям для древних землетрясений, свидетелями которых мы не были, можно лишь в случае, оговоренном выше.

Кроме датированных сейсмогравитационных образований, таких как Белогорские завалы в Чуйской впадине, Ананьевский обвал в Иссык-Кульской котловине или Каратокойский завал в бассейне р. Чаткал, широко развиты формы, связанные с катастрофами, не известными людям. Чаще всего такие формы по геолого-геоморфологическим признакам укладываются в голоценовый период времени. Реже

встречаются и значительно более древние. Когда такие структуры находятся в общепризнанных сейсмоактивных зонах, они ни у кого не вызывают удивления. К числу таковых можно отнести Колькогурский обвал в бассейне р. Чон-Кемин, Сарычелекский или Карасуйский завалы, вызвавшие образование одноименных озер в связи с трансорогенным Таласо-Ферганским разломом и его сателлитами, Чукурчакский обвал в долине р. Чаткал, Чонкольский обвал в зоне Гульчинского краевого разлома на стыке Центрально- и Восточно-Алайских мегантиклиналей.

*Определение энергии (магнитуды) палеоземлетрясений по параметрам сейсмоструктурных дислокаций*

Нами был проанализирован ряд формул для определения магнитуды палеосейсмокатастроф по параметрам сейсморазрывных дислокаций, предложенных различными исследователями: В.П. Солоненко и В.С. Хромовских (1978), А. А. Никоновым (1984) и D.L. Wells and K. J. Coppersmith (1994). Мы исследовали их формулы определения магнитуды землетрясения по длине разрыва на поверхности, проверив эти результаты на измеренных параметрах сейсмоуступов и инструментальной магнитуде Суусамырского землетрясения 1992 г., произошедшего в одноименной впадине.

Проведенные нами расчеты показали, что данные В.П. Солоненко и В.С. Хромовских по параметрам землетрясений Прибайкалья и Кавказа, а также мировые данные D.L. Wells and K.J. Coppersmith дают систематическое занижение магнитуд землетрясений по сравнению с инструментально определенным значением. В то время как формулы А.А. Никонова, рассчитанные им для землетрясений Средней Азии, дают одну и ту же величину и различаются лишь на одну десятую единицы магнитуды (0,1) в сторону повышения. Это очень хороший результат, особенно учитывая, что точность определения палеомагнитуд подобным методом находится в пределах половины единицы магнитуды ( $\pm 0,5$ ). Поэтому в своих оценках магнитуды мы будем базироваться на формулах А.А. Никонова, специально выведенных им для территории Средней Азии.

Перейдем теперь к детальному описанию и анализу палеосейсмодислокаций по конкретным впадинам Тянь-Шаня.

### Юго-Западный Тянь-Шань

#### *Алайская впадина*

Основная часть палео- и современных сейсмодислокаций Алайской впадины и ее горного обрамления приурочена к ее южному крылу – предгорьям Заалайского хребта, образованным вдоль Предзаалайского и Коккиинского надвигов зоны тектонического контакта Памира и Тянь-Шаня. Здесь имеются прекрасно выраженные

сейсмоуступы, вдоль которых имеется и горизонтальная составляющая движений. Другая, менее хорошо выраженная, зона дислокаций проходит вдоль южных склонов и отрогов Алайского хребта, маркируя зону Гиссаро-Кокшаальского разлома. Здесь имеются многочисленные значительные и многоактные обвалы и оползни. Выраженность сейсмоструктурных дислокаций ухудшается к восточному замыканию впадины, что, возможно, объясняется значительной интенсивностью действующих там гляциально-нивальных процессов.

#### *Ферганская впадина*

Широко известны сейсмогравитационные дислокации Ферганской депрессии и ее горного обрамления. Наиболее значительная из них находится в Нанайской внутривпадинной впадине, находящейся на востоке Ферганского бассейна. Впадина обрамляется с СЗ Атойнокским разломом, ответвляющимся от Таласо-Ферганского, а с СВ – Карасуйским (Чедия и др., 1994). В вершине образованного ими угла находится одно из красивейших озер Средней Азии длиной 6200 м и шириной от 600 до 1800 м, окаймленное елово-ореховым лесом, которое образовалось в связи с подпрудой р. Сары-Челек грандиозным завалом объемом около 1 млрд. м<sup>3</sup>. С районом пересечения названных разломов связано и известное Чаткальское землетрясение 1946 г. Воронка отрыва этого обвала имеет протяженность 8 км. Она насажена на место сочленения этих разломов.

В качестве примера детального палеосейсмологического изучения региона приводится детальное картирование сейсмодислокаций в восточной части Кичик-Алайского поднятия. Используя параметры сейсмоструктурных палеодислокаций, были определены магнитуды произошедших здесь землетрясений, а также была оценена максимальная магнитуды возможных в будущем сейсмических событий.

#### *Бассейн долины р. Чаткал*

Сейсмоструктурные формы рельефа в бассейне р. Чаткал представлены, в основном, значительными сейсморавами. А.К. Ходжаевым (1985) здесь был выделен ряд сейсмогенных структур, таких как, например, структура “Сандалаш”. Это протяженный (5000 м) ров, проходящий по южному склону Пскемского хребта. Глубина рва достигает 4,5 м, ширина – 5–8 м. Сейсмогенный разрыв пересекает коренные породы – песчаники, алевролиты и сланцы позднего ордовика. Возраст структуры по данным вышеназванного исследователя – ранний голоцен. Сейсмогравитационные формы рельефа в бассейне р. Чаткал также имеют широкое распространение. Так, например, долина Кара-Янгрыка перегорожена огромным завалом, которым река долгое время была подпружена. Следы подпруживания сохранились в виде обширной котловины, выполненной галечником, по берегам которой видны низкие

террасы. Ниже завала река течет в узкой долине, сложенной карбонowymi известняками.

#### Палеосейсмодислокации в зоне Таласо-Ферганского разлома

В разделе приводится сводка существующих данных по палеосейсмодислокациям зоны Таласо-Ферганского разлома, важнейшей структурной линии Тянь-Шаня, делящей ороген на северо-восточную и юго-западную части. Вся зона разлома маркируется сейсмодислокациями сейсморазрывного и сейсмогравитационного генезиса. Сеймотектонические структуры сформированы преимущественно правосдвиговыми подвижками вдоль зоны разлома. Приведены данные по определению абсолютного возраста сеймотектонических деформаций радиоуглеродным методом и определено минимально возможное число сильных землетрясений (13) вдоль зоны разлома, произошедших в позднем плейстоцене – голоцене. Данные по параметрам сейсморазрывных сейсмодислокаций указывают на значительные ( $M > 7$ ) величины магнитуд произошедших палеосейсмокатастроф.

#### Северо-Восточный Тянь-Шань

##### *Аксайская впадина*

Примеры сеймотектонических форм рельефа в Аксайской впадине - это многочисленные эскарпы в рыхлых осадках в междуречье Кенсу – Туюк-Богошты, а также уступы в палеозойском основании, развитые на северном склоне хр. Кокшаалтоо. Многочисленными являются сейморвы в водораздельной части и на южном склоне хр. Атбаши. Многие из этих структур сеймотектонического генезиса являются выходами сейсмических разрывов древних сильных землетрясений на дневную поверхность и маркируют плейстосейстовые зоны с сейсмической интенсивностью в IX и более баллов. Наибольшим из сейсмогравитационных структур на изученной территории является Кольсуйский обвал на северном склоне Кокшаальского хребта. Структура приурочена к зоне современного разлома, активность которого началась еще в начале неотектонического этапа, хотя заложение его, несомненно, более древнее. Здесь с левого склона долины р. Корумдук во время древнего сильного землетрясения произошел грандиозный обвал коренных палеозойских пород объемом в миллионы кубических метров. В результате этого долина реки оказалась подпружена, и вверх по течению реки образовалось длинное и глубокое завальное озеро Кельсу длиной в 9 км и шириной до 0,5 км.

##### *Атбашинская впадина*

Атбашинская впадина характеризуется преимущественно сейсморазрывными сейсмодислокациями, в сочетании с ними отмечаются

также оползни и срывы в рыхлых отложениях (Лемзин и Абдрахматов, 1989). Широко известным в Атбашинской впадине является так называемый Ойнак-Джарский разлом (“Четвертичный разлом” по В.И. Макарову, 1977), к которому, по-видимому, приурочена основная тектоническая и сейсмическая активность Атбашинской впадины в позднем плейстоцене – голоцене. Этот разлом простирается на 80 км и почти на всем своем протяжении он разделяет адыры, сложенные крутопадающими неогеновыми отложениями, и обширную бахаду, сложенную переслаивающимися позднплейстоцен-голоценовыми аллювиально-пролювиальными конусами выноса. Хотя почти на всем протяжении Ойнак-Джарского разлома прекрасно выраженный сейсмоуступ свидетельствует, что плоскость разрыва вышла на дневную поверхность, в его восточном сегменте надвиг скрыт под надразломными складками. Складки чехла, расположенные по правилу правых кулис висячем крыле разлома и отклоняющие дренажную систему, указывают на наличие небольшого левостороннего сдвига по Ойнак-Джарскому разлому.

##### *Нарынская впадина*

На территории Нарынской впадины и ее горного обрамления широко распространен разнообразный спектр сейсмических деформаций. Наиболее многочисленные представители данного спектра – сеймотектонические деформации: уступы (эскарпы) и рвы, являющиеся результатом деятельности активных разрывов обычно взбросо-надвиговой кинематики

Очень интересным является молодой Центрально-Нарынский (Thompson et al., 2002) разрыв, который проходит по правому склону долины р. Нарын, формируя сейсмоуступ. В устье правого притока Нарына – р. Четнуура нами наблюдался пологий надвиг, по которому на позднечетвертичные галечники надвинуты красно-коричневые глины коктурпакской свиты. Плоскость разрыва падает к северу под углом 15°. Поверхность позднечетвертичной террасы вздернута по этому разрыву на 20 м. Восточнее по долине р. Башнуура поверхность конуса выноса по этому же разрыву вздернута на 30 м. Это очень молодой разрыв, так как по его плоскости смешались современные аллювиальные отложения ( $Q_4^1$ ), что видно по несовмещению низких террас на обоих берегах р. Нарын.

В качестве примера сейсмогравитационных образований приведем описание сейсмогравитационной структуры Бешколь, приуроченной к зоне Западно-Акшийракского разлома. Предшествующими исследователями она принималась за морену среднечетвертичного возраста. Однако в результате работ Абдрахматова и Лемзина (1989), проведенных в этом районе, убедительно доказано ее



сейсмогравитационное происхождение, прежде всего, по петрографическому составу обвальной массы коренных, здесь же обнажающихся пород. Стенка отрыва имеет высоту до 1000 м, поверхность обвала холмисто-увалистая, повсеместно задернована. Обломки имеют размеры до 2 м в поперечнике, разбросаны хаотично. Объем обвальной массы не менее 30 млн. м<sup>3</sup>. В теле обвала можно выделить не менее двух генераций. В нем имеются также следы более поздних оползней и срывов.

#### *Сейсмодислокации в долине р. Каракуджур*

В долине р. Каракуджур, в ее правобережье, нами (Корженков и Чедия, 1986) описан Аккинский участок палеосейсмодислокаций. Этот участок приурочен к зоне Каракуджурского краевого разлома и мульде одноименной грабен-синклинальной структуры. Он представлен дислокациями сеймотектонического и сейсмогравитационного типов. На площади не более 100 км<sup>2</sup> наблюдался ряд сейсморовов и сеймосрывов, локализованных как в кайнозойских накоплениях, так и в породах палеозоя.

Сейсмодислокации в Каракуджурской впадине не ограничиваются только описанным выше Аккинским участком. Южнее и восточнее его, вдоль линии Центрально-Каракуджурского (адырного) разлома прослеживается сейсмоуступ высотой 5–6 м. Вздернутыми оказались северные части долин ручьев – левых притоков р. Каракуджур. Днища долин саев в их висячих крыльях обычно заболочены. Молодость уступа доказывается порожистым и даже водопадным участком русла ручья в том месте, где он пересекает сейсмоуступ. Русло сая не успело еще приспособиться к изменению базиса эрозии после землетрясения. Огромные валуны и глыбы в зоне разлома задраны. Возраст сейсмического события, сформировавшего этот сейсмоуступ, по данным радиоуглеродного анализа – середина XIII века нашей эры. Следует отметить, что в местном сейсмическом каталоге отсутствуют какие-либо сведения об этом землетрясении.

#### *Джумгальская впадина*

Нами (Абдрахматов и др., 1994) были проведены детальные палеосейсмологические исследования в пределах названной впадины. Результаты этих работ показали, что здесь имеются образования, которые мы отнесем к палеосейсмодислокациям. Эти образования развиты, главным образом, в северном и северо-западном обрамлении Джумгальской впадины, а также в центральной части этой мегаструктуры, вдоль долины р. Джумгал. Среди них представляется возможным выделить три группы, связанные, по-видимому, с сейсмическими событиями. *Сеймотектоническая группа.* К этой группе отнесены рвы, закартированные нами в междуречье Акмойнок-Сарымундуз, а также

голоценовые разрывы в междуречье Кокомерен-Минтеке, Четкуганды-Ортокуганды, Тюгельсай–Башкуганды. *Гравитационно-сеймотектоническая группа.* В пределах Джумгальской впадины подобные образования встречены нами в северном ее обрамлении. Здесь закартировано несколько участков, где отдельные отроги разбиты трещинами небольшой протяженности так, что в плане они образуют структуру «разбитой тарелки». *Гравитационная группа.* Образования этой группы являются самыми многочисленными на описываемой территории. Это оползни, обвалы, ступенчатые перекосы грунта, земляные потоки. Особый интерес представляют участки ступенчатых перекосов грунта в районе сел Чаек, Караджылдыз и грандиозный оползень в районе с. Арал.

#### *Палеосейсмодислокации в бассейне р. Кокомерен*

Бассейн р. Кокомерен является местом сосредоточения значительных сейсмо-гравитационных образований. Названная долина пересекает неотектонические комплексы поднятий Суусамырского хребта на западе и Джумгальского хребта на востоке. Эти структуры продолжают свое развитие и по сей день, свидетельством чему и являются распространенные здесь дислокации сейсмогравитационного генезиса. Так, например, древний (плейстоценовый) обвал в долине р. Кокомерен объемом порядка 50 млн. куб. м обрушился со склона высотой 700 м, сложенного разнообразными гранитоидами (Стром, 1994). Описание значительных сейсмогравитационных структур в бассейне р. Кокомерен можно продолжить. Подобные сейсмогравитационные образования в скальных грунтах объемом в десятки млн. куб. м и прошедшие значительные расстояния (до 5 км) вниз по склону, скорее всего, были сформированы сильными землетрясениями, наподобие Суусамырского 1992 г. с  $M = 7,3$  и  $I = IX-X$  баллов, произошедшего севернее в одноименной впадине.

#### *Минкуш-Кокомеренская впадина*

Палеосейсмодислокации Минкуш-Кокомеренской впадины, а также средней части р. Нарын сосредоточены преимущественно на водоразделах и склонах хребтов, а также в зонах разломов. Описываемые дислокации различаются как по своим масштабам, так и по механизму образования. Наиболее часто встречаются оползни и обвалы скальных пород, объемы которых достигают десятков миллионов куб. метров, а глубина захвата массивов обвальными и оползневыми цирками – 300-500 м (Стром, 1982). Особый интерес представляют обвалы, тела которых прошли аномально большие расстояния от стенок отрыва. Такие дислокации В.П. Солоненко (1976) рассматривал как формы, характерные для эпицентральных зон сильных землетрясений. В рассматриваемом районе подобные сейсмодислокации выявлены А.Л.

Стромом (1982) в долине р. Шиленхана, на правом склоне долины р. Нарын у зимовки Джамно.

Обнаруженные А.Л. Стромом (1982) разнообразные остаточные деформации концентрируются в пределах узкой зоны протяженностью около 100 км и шириной не более 15–20 км, резко выделяющейся на фоне окружающих территорий как по насыщенности остаточными деформациями, так и по масштабам отдельных проявлений. Пространственно она совпадает с новейшим рамповым грабеном, причем наиболее крупные дислокации приурочены к висячим крыльям ограничивающих его разрывов. Последние сохраняют свою активность вплоть до настоящего времени, о чем свидетельствуют следы современных по ним подвижек, выраженные наиболее ярко у поселка Минкуш.

#### *Кетмень-Тюбинская впадина*

В Кетмень-Тюбинской впадине и ее горном обрамлении имеются следы палеосейсмодислокаций – свидетельства более древних, доисторических катастроф (Чедия и Лемзин, 1980), которые подтверждают неоднократность происходивших здесь сильных землетрясений. Наши исследования во впадине также показали наличие большого количества неизвестных ранее сейсмодислокаций, расположенных на склонах долины р. Узунахмат и ее многочисленных притоков. Наиболее наглядно современную тектоническую активность маркирует большое количество сейсмотектонических, сейсмогравитационных, а также переходных гравитационно-сейсмотектонических форм рельефа. Их близкое друг к другу положение свидетельствует о местонахождении здесь плейстосейстовой зоны древнего землетрясения. Инициатором этого толчка, по-видимому, явилось развитие вышеназванных структур или дизъюнктивов, их разделяющих. Близость зоны к линии Таласо-Ферганского разлома (10–30 км) позволяет утверждать о связи древнего очага с подвижками по одной из оперяющих разлом структур.

Бельалды-Толукский участок дислокаций находится в юго-восточной части впадины. Остаточные деформации представлены в основном сейсмогравитационными формами – оползнями, которые возникли на обводненных склонах, сложенных рыхлыми песчано-глинистыми отложениями плиоцен-четвертичного возраста. Однако имеются здесь и значительные сейсмообвалы, такие как древний Бельалдинский срыв, сошедший с левого (восточного) склона одноименной реки в конце позднего плейстоцена – начале голоцена.

#### *Сейсмодислокации в бассейне р. Сарыджаз*

В бассейне р. Сарыджаз сейсмодислокации представлены в основном сейсмогравитационными формами в коренных породах,

приуроченные к зонам новейших краевых разломов (Чаримов и др., 2005). Сейсмодислокации образуют одиночные формы, они преимущественно встречаются по долинам рек. Наиболее крупными из них являются – срыв по долине р. Куйлю, в месте слияния с рекой Сарыджаз. Протяженность стенки отрыва около 800 м, длина свальной массы 3,5 км, ширина – 50 м, мощность конца языка массы – 5 м, объем – 3 млн. м<sup>3</sup>.

В бассейне р. Сарыджаз имеются также и сейсмотектонические формы рельефа, но они обычно плохо выражены. Их плохая выраженность в рельефе может быть объяснена следующими причинами: обычно плохой выраженностью сейсмотектонических форм в грубообломочных моренных и флювиогляциальных отложениях, повсеместно развитых в регионе; быстрым уничтожением указанных форм весьма интенсивной эрозионной активностью на крутых склонах поднятий, характерных для бассейна р. Сарыджаз. Тем не менее, сейсмотектонические формы рельефа, обусловленные сейсмическими событиями, отмечаются также в описываемом районе. Так, например, сейсмоуступ протяженностью более 1 км и высотой в несколько десятков метров сечет позднечетвертичную аллювиальную террасу реки Сарыджаз в урочище Кара-Теке в районе так называемой Сарыджазской “петли”.

#### *Иссык-Кульская впадина*

Современная сильная сейсмическая активность описываемого региона не вызывает сомнений. Имеются научные описания сильного Кебинского (1911,  $M = 8,2$ , см. описание у Богдановича и др., 1914) землетрясения, а также исторические данные о землетрясении 500 г. н. э., с магнитудой около  $M = 7$  (Джанузаков и др., 2003). В пределах Иссык-Кульской впадины и ее горного обрамления распространены многочисленные сейсмодислокации сейсмотектонического и сейсмогравитационного типов. Они группируются вдоль многих важнейших структурных линий, образуя протяженные зоны, распадающиеся на отдельные участки, зоны дислокации приурочены к региональным разломам, а участки тяготеют к определенным складчато-глыбовым структурам или тектоническим узлам. По северному обрамлению впадины выделяются Южно-Кунгейская, а по южному – Северо-Терскеская зоны сейсмодислокаций.

Нами было проведено специальное сейсмогеологическое изучение зоны сейсмического разрыва Кебинского землетрясения на территории Аксуйского грабена. Подобное же исследование было проведено в бассейне р. Тору-Айгыр, где нами был обнаружен разрыв сейсмического события 500 г. н. э., эпицентр которого был ранее нанесен

на карту условно. Здесь же были выявлены и датированы люминесцентным методом другие сейсмокатастрофы.

#### *Кочкорская впадина*

В Кочкорской впадине и ее горном обрамлении имеется значительный набор палеосейсмодислокаций. Наиболее эффективные из них – *сейсмоуступы*, главным из которых является Акчапский (адырный) надвиг – наиболее активная тектоническая линия впадины в четвертичное время. Здесь в аллохтонной части разлома (южное крыло) в подвешенном состоянии оказались средне-, позднечетвертичные и голоценовые террасовые отложения, причем первые взброшены на высоту до сотни метров, вторые – на высоту в десятки метров, а голоценовые – на первые метры. *Сейсморвы* значительной протяженности находятся также на северном склоне Терскайского хребта. Они образованы в коренных породах, слагающих хребет. Длина зоны сейсморов достигает 25 км, длина единичного рва – 3,5 км, а глубина достигает 10 м. По линии сейсморов относительно приподнятыми оказались нижерасположенные (северные) части склона. Но здесь, кроме взбросовой составляющей, имеется еще и *сдвиговая компонента*. Водораздельная часть отрога хребта между реками Укёк и Кёльукёк смещена по двум расположенным рядом разломам ВЮВ простирания. Горизонтальное смещение по каждой плоскости составляет сотни метров (правый сдвиг в обоих случаях). К северо-западу от описанного места находится красивейшее озеро Кёльукёк. Хотя оно и расположено в одноименной ледниковой долине, однако, генезис его завальный. *Обвал коренных пород* произошел в конце позднеплейстоценового-начале голоценового времени, то есть, возраст события моложе времени формирования ледниковой долины в середине позднего плейстоцена. Объем завала составляет миллионы кубических метров, велика и площадь озера, образовавшегося позади естественной дамбы – 2 км<sup>2</sup>. Нахождение завала поблизости от сейсморов со сдвиговой составляющей указывает на сейсмический его генезис.

#### *Суусамырская долина*

Позднеплейстоцен-голоценовые сейсмодислокации бассейна выражены многочисленными значительными обвалами, оползнями; сейсморавами; сдвиговыми смещениями на 30–70 м русел и промоин; а также голоценовым уступами, пересекающими аллювиально-пролювиальные конусы выноса.

Нами были проведены специальные палеосейсмологические исследования по исследованию сейсмоуступов в центральной части впадины, сформированных вдоль зоны внутривпадинных поднятий. С помощью люминесцентного метода был определен возраст одного из них – 100 лет до нашей эры (Korjenkov et al., 1999). Радиоуглеродные

датировки (Чедия и др., 1997б) дали информацию о других сильных землетрясениях во впадине, произошедших в историческое и голоценовое время. Эти материалы свидетельствуют об интенсивной сейсмической активности Суусамырской впадины и о значительных ( $M > 7$ ) сейсмических событиях, происходящих в регионе с интервалом в несколько сот лет.

#### *Таласская впадина*

Сейсмодислокации здесь распространены довольно широко, и представлены сейсморазрывными и сейсмогравитационными формами (Омуралиев и Чаримов, 1990; Корженков и др., 1994). Густота их распределения неодинакова.

*Сейсмоуступы*. В междуречье Кумыштаг – ручей Ташты от Карамуллинского (адырного) разлома в северо-восточном направлении отходят три дугообразных разрыва, разбивающие автохтонное крыло на три сегмента (Корженков и др., 1994). Так, например, по третьему разрыву, пойменная терраса высотой 1 м выше разрыва взброшена до 2 м, терраса высотой 3–4 м взброшена на 1–1,5 м. Более высокие террасы – третья и четвертая (высотой до 10–15 м) – развиты только в висячем крыле. Все эти три разрыва современные, т. к. рвут даже голоценовую пойму.

*Сейсморвы*. Наиболее значительным является сейсмический ров длиной 5,5 км, рвущий вершину горы Бозтектир (водораздел Карабура–Кумыштаг). Он вытянут в северо-восточном направлении в виде сегмента широкого полукольца. Относительно вздернуто северо-западное крыло разрыва. Сейсморов образован в гранитах и ордовика и рифея. Ширина рва 7 м, высота уступа (глубина рва) 2 м. К югу сейсморов расщепляется на ряд более мелких. По всей видимости, это молодое сейсморазрывное нарушение, т.к. осыпи, спускающиеся с водораздельного гребня, заканчиваются в нем. Возраст сейсморва, скорее всего, сотни лет.

*Сеймосрвы*. Имеются также сейсмогравитационные формы рельефа. Так, например, в 2 км от тригопункта с абсолютной отметкой 2003 м, в междуречье Карабура–Сарымсак находится сеймосрвы (рис. 4.138), воронка отрыва которого расположена в зоне краевого Тегерекского (Южно-Таласского) разлома. Высота стенки отрыва 150 м, ширина 400 м, объем свальной массы около 1 млн. куб. м.

#### *Чуйская долина*

Сейсмодислокации Чуйской впадины приурочены, в основном, к Южно-Чуйской сейсмогенерирующей зоне, которая была выделена была выделена в составе Северотяньшаньского сейсмического пояса (Вильгельмзон, 1947; Опыт..., 1975). Она находится на границе Чуйской впадины и Киргизского хребта и связана с тремя главнейшими сейсмогенерирующими разломами, имеющими в новейшем этапе



на карту условно. Здесь же были выявлены и датированы люминесцентным методом другие сейсмокатастрофы.

#### *Кочкорская впадина*

В Кочкорской впадине и ее горном обрамлении имеется значительный набор палеосейсмодислокаций. Наиболее эффективные из них – *сейсмоуступы*, главным из которых является Акчапский (адырный) надвиг – наиболее активная тектоническая линия впадины в четвертичное время. Здесь в аллохтонной части разлома (южное крыло) в подвешенном состоянии оказались средне-, позднечетвертичные и голоценовые террасовые отложения, причем первые взброшены на высоту до сотни метров, вторые – на высоту в десятки метров, а голоценовые – на первые метры. *Сейсморвы* значительной протяженности находятся также на северном склоне Терской хребта. Они образованы в коренных породах, слагающих хребет. Длина зоны сейсморов достигает 25 км, длина единичного рва – 3,5 км, а глубина достигает 10 м. По линии сейсморов относительно приподнятыми оказались нижерасположенные (северные) части склона. Но здесь, кроме взбросовой составляющей, имеется еще и *сдвиговая компонента*. Водораздельная часть отрога хребта между реками Укёк и Кёльукёк смещена по двум расположенным рядом разломам ВЮВ простирания. Горизонтальное смещение по каждой плоскости составляет сотни метров (правый сдвиг в обоих случаях). К северо-западу от описанного места находится красивейшее озеро Кёльукёк. Хотя оно и расположено в одноименной ледниковой долине, однако, генезис его завальный. *Обвал коренных пород* произошел в конце позднеплейстоценового-начале голоценового времени, то есть, возраст события моложе времени формирования ледниковой долины в середине позднего плейстоцена. Объем завала составляет миллионы кубических метров, велика и площадь озера, образовавшегося позади естественной дамбы – 2 км<sup>2</sup>. Нахождение завала поблизости от сейсморов со сдвиговой составляющей указывает на сейсмический его генезис.

#### *Суусамырская долина*

Позднеплейстоцен-голоценовые сейсмодислокации бассейна выражены многочисленными значительными обвалами, оползнями; сейсморавами; сдвиговыми смещениями на 30–70 м русел и промоин; а также голоценовым уступами, пересекающими аллювиально-пролювиальные конусы выноса.

Нами были проведены специальные палеосейсмологические исследования по исследованию сейсмоуступов в центральной части впадины, сформированных вдоль зоны внутривпадинных поднятий. С помощью люминесцентного метода был определен возраст одного из них – 100 лет до нашей эры (Korjenkov et al., 1999). Радиоуглеродные

датировки (Чедия и др., 1997б) дали информацию о других сильных землетрясениях во впадине, произошедших в историческое и голоценовое время. Эти материалы свидетельствуют об интенсивной сейсмической активности Суусамырской впадины и о значительных (M>7) сейсмических событиях, происходящих в регионе с интервалом в несколько сот лет.

#### *Таласская впадина*

Сейсмодислокации здесь распространены довольно широко, и представлены сейсморазрывными и сейсмогравитационными формами (Омуралиев и Чаримов, 1990; Корженков и др., 1994). Густота их распределения неодинакова.

*Сейсмоуступы*. В междуречье Кумыштаг – ручей Ташты от Карамуллинского (адырного) разлома в северо-восточном направлении отходят три дугообразных разрыва, разбивающие автохтонное крыло на три сегмента (Корженков и др., 1994). Так, например, по третьему разрыву, пойменная терраса высотой 1 м выше разрыва взброшена до 2 м, терраса высотой 3–4 м взброшена на 1–1,5 м. Более высокие террасы – третья и четвертая (высотой до 10–15 м) – развиты только в висячем крыле. Все эти три разрыва современные, т. к. рвут даже голоценовую пойму.

*Сейсморвы*. Наиболее значительным является сейсмический ров длиной 5,5 км, рвущий вершину горы Бозтектир (водораздел Карабура–Кумыштаг). Он вытянут в северо-восточном направлении в виде сегмента широкого полукольца. Относительно вздернуто северо-западное крыло разрыва. Сейсморов образован в гранитах и ордовика и рифея. Ширина рва 7 м, высота уступа (глубина рва) 2 м. К югу сейсморов расщепляется на ряд более мелких. По всей видимости, это молодое сейсморазрывное нарушение, т.к. осыпи, спускающиеся с водораздельного гребня, заканчиваются в нем. Возраст сейсморва, скорее всего, сотни лет.

*Сеймосрывы*. Имеются также сейсмогравитационные формы рельефа. Так, например, в 2 км от тригопункта с абсолютной отметкой 2003 м, в междуречье Карабура–Сарымсак находится сеймосрыв (рис. 4.138), воронка отрыва которого расположена в зоне краевого Тегерекского (Южно-Таласского) разлома. Высота стенки отрыва 150 м, ширина 400 м, объем свальной массы около 1 млн. куб. м.

#### *Чуйская долина*

Сейсмодислокации Чуйской впадины приурочены, в основном, к Южно-Чуйской сейсмогенерирующей зоне, которая была выделена в составе Северотяньшаньского сейсмического пояса (Вильгельмзон, 1947; Опыт..., 1975). Она находится на границе Чуйской впадины и Киргизского хребта и связана с тремя главнейшими сейсмогенерирующими разломами, имеющими в новейшем этапе

геологического развития краевой характер. На западе – это Чонкурчакский разлом, к которому тяготеют эпицентры Беловодских катастрофических землетрясений 1865 и 1885 гг. ( $M_L = 6,4$ ;  $M_L = 6,9$ , соответственно). Восточнее Боомского отрезка Чуйской долины – это примыкающие к данной зоне с востока Чилико-Кеминские разломы, с которыми связано несколько сильнейших землетрясений и в том числе Кебинское 1911 г., имевшее  $M_L = 8,2$  и  $I = X-XI$  баллов (Новый..., 1977). Восточный же отрезок собственно Южно-Чуйской сейсмогенерирующей зоны, располагающийся к востоку от реки Желамыш, связан с двумя сейсмогенерирующими разломами – Иссык-Атинским, идущим по северной подошве адыров и Шамсинско-Тюндюкским, расположенным между адырами, представленными кайнозойской молассой, и собственно Киргизским хребтом, сложенным докембрийским консолидированным основанием. Названные главные сейсмогенерирующие разломы, а также разрывы второго порядка, и являются ответственными за возникновение перечисленных выше сильных исторических и палеоземлетрясений Чуйской впадины, следы которых можно локализовать в виде участков сейсмодислокаций.

Исторические данные по сильным землетрясениям в Чуйской впадины скудны. Имеются сведения о так называемом Баласогунском землетрясении 1475 г. интенсивностью VIII–IX баллов, которое разрушило центр Баласогунского государства – город и его окрестности на месте современной башни Бурана. Его эпицентр нашими исследованиями определен на северном склоне Киргизского хребта в бассейне р. Шамси.

Южная часть Чуйской впадины – один из немногочисленных районов Тянь-Шаня, который был изучен нами посредством проходки палеосейсмологических траншей (Chediya et al., 2000; Абдрахматов и др., 2006; Kogjenkov et al., 2006). Так, повторяемость сильных землетрясений по Иссык-Атинскому разлому составила: одно событие в 500 лет, а по Чонкурчакскому разлому: одно событие в 2500 лет.

#### *Сейсмодислокации в долине р. Чон-Кемин*

Современные и палеосейсмодислокации в бассейне р. Чон-Кемин связаны с Чилико-Кеминской зоной, ответственной за катастрофические 10–11-балльные землетрясения Чиликское и Кебинское (Кеминское) 1889 и 1911 гг. Чилико-Кеминская сейсмогенерирующая зона (Опыт..., 1975; Утиров, 1978) вытянута субширотно несколько более двухсот километров вдоль разломов, оконтуривающих одноименную каледонскую зону складчатости, зажатую между Муюнкумо-Наратским на севере и Иссык-Кульским на юге срединными массивами.

Нами было проведено специальное полевое картирование вдоль всей зоны сейсмического разрыва 1911 г. Было обнаружено отсутствие

значительного смещения грунта в центре разрыва, в верховьях Чон-Кемина и в восточной части Нижнее-Кеминского сегмента, что подразумевает, что землетрясение имело место в виде разрыва вдоль двух дискретных (хотя и взаимодействующих) зон. Большая же часть сейсмической энергии реализовалась по Аксуйскому и Чон-Аксуйскому сегментам, и меньшая ее часть высвободилась по Нижне-Кеминскому и Джиль-Арыкскому сегментам. Таким образом, правильнее называть сейсмическое событие 1911 г. не Кебинским (Кеминским) землетрясением, а Аксуйским.

Наши исследования палеосейсмодислокаций в долине р. Чон-Кемин позволили подтвердить, что рассмотренная часть Чилико-Кеминской сейсмогенерирующей зоны обладала сейсмической активностью на протяжении весьма длительного времени, во всяком случае, начиная со среднего плейстоцена. Исходя из изученных примеров образования сдвигов, влияющих на искривление совсем молодых голоценовых эрозионных форм – небольших саев, сейсморов различной степени сохранности, грандиозных свалов, подпруживающих долины рек и ручьев, и огромных оползней, можно прийти к выводу о неспадающей сейсмической активности не только в плейстоцене, но и в голоцене вплоть до самого последнего (1911 г.) времени.

#### *Выводы по главе палеосейсмодислокации*

Следует особо подчеркнуть, что, не располагая данными о прежних сильных землетрясениях, невозможно правильно определить сейсмическую опасность региона. Палеосейсмодислокации позволяют восстановить интенсивность доинструментальных землетрясений с силой более  $I = VIII$  баллов. Сейсмодислокации, как отмечал В.П. Солоненко (1975), являются единственным критерием определения интенсивности и магнитуды палеоземлетрясений.

Сейсмодислокации распространены по всей территории Тянь-Шаньского орогена. Хотя не известны сильные землетрясения, произошедшие на людской памяти в Центральном/Внутреннем Тянь-Шане, тем не менее, четко выраженные их следы – хорошо сохранившиеся значительные палеосейсмодислокации – имеются там повсеместно. Землетрясение 1992 г. в Суусамырской впадине с  $M = 7,3$  и интенсивностью  $I = IX-X$  баллов не было бы неожиданностью для сейсмологов, если бы они приняли во внимание наличие широкого спектра хорошо развитых сейсмодислокаций, повсеместно распространенных в названной впадине и ее горном обрамлении (Омуралиев и Чаримов, 1990). По этим древним деформациям можно было заблаговременно установить место и предельную силу сейсмических событий.

Палеосейсмодислокации Срединного Тянь-Шаня имеют те же параметры и размеры, что и сейсмодислокации Северного Тянь-Шаня,

возникшие во время исторических (таких как Кебинское 1911 г. с  $M > 8$ ) и современных (таких как Суусамырское 1992 г. с  $M > 7$ ) землетрясений. Эти факты означают, что сильные землетрясения происходили и в этом регионе в прошлом, несмотря на сравнительно умеренную сейсмическую активность в настоящее время. Нерешенным пока остается вопрос: почему за последние 100 лет сильная сейсмическая активность приурочена к северной и южной окраинам орогена. Возможно, что в Срединном Тянь-Шаня крупные события происходят в среднем в 2–3 раза реже, чем во внешних частях орогена, на что указывал еще К.Е. Абдрахматов в 1995 г.

Таким образом, выявление и изучение зон палеосейсмодислокаций, позволяет точнее определить сейсмическую опасность региона. Так, например, в Алайской впадине подобные исследования (Никонов и др., 1983) позволили сделать вывод о вероятности здесь сильных землетрясений. И они действительно произошли в 1978 г. ( $M = 6,8$ ) и 1983 г. ( $M = 6,0$ ) в указанных местах и пределах указанных авторами магнитуд и периода времени.

Сейсмодислокации приурочены в основном к крутым крыльям глыбовых складок и осложняющих их краевым разломам (например, Чонкурчакский разлом и связанный с ним одноименный участок позднеголоценовых сейсмодислокаций).

Отдельного упоминания и наибольшего внимания заслуживают сейсмодислокации приуроченные к “адырным” разломам, ответственным за рост молодых внутривпадинных поднятий. Последние исследования в зонах этих разломов по данным палеосейсмологического тренчинга показывают сосредоточение вдоль них главных современных сильных землетрясений (например, 6 землетрясений, произошедших за последние 3000 лет вдоль Иссык-Атинского разлома).

Обычно в пределах одного участка имеются сейсмодислокации различного возраста, что говорит о консервативности сейсмических проявлений – повторяемости сильных землетрясений вдоль сейсмогенерирующих зон (например, вдоль Чилико-Кеминской зоны). К подобному выводу можно прийти при анализе данных, полученных в результате тренчинга сейсмоуступов: здесь в стенке одной траншеи документируются обычно несколько сейсмогенных разрывов, обусловленных землетрясениями различного возраста.

Параметры практически всех сейсмоуступов (выходов сейсмического разрыва на земную поверхность), выявленных на территории всех впадин Тянь-Шаня и их горных обрамлений, указывают на значительную энергию, высвободившуюся при древних землетрясениях. В большинстве случаев их магнитуда  $M > 7$  и,

следовательно, сейсмическая интенсивность в эпицентральных зонах  $I > IX$  баллов.

Эти очень высокие оценки сейсмической энергии по палеосейсмодислокациям Тянь-Шаня могут оказаться заниженными. Как показали наши исследования современного и палеоземлетрясений в Суусамырской впадине, для них характерны так называемые “слепые” разрывы. Большие мощности кайнозойских осадков во впадинах и/или расщепления главного сейсмического разрыва на ряд более мелких, маскируют истинную величину сейсмогенного смещения в очаге сильного землетрясения. Это обстоятельство следует принимать во внимание при оценке сейсмической опасности территории.

Нам представляется, что не только сейсморазрывные дислокации маркируют древние эпицентральные зоны, но также и участки группирования крупных сейсмогравитационных образований, объемы которых могут достигать десятков млн. куб. м. Особый интерес представляют обвалы, тела которых прошли аномально большое расстояние от стенок отрыва. Участки группирования подобных структур с большой долей вероятности являются палеоэпицентральными зонами землетрясений с магнитудами  $M = 6,5$  и выше и интенсивностью  $I = IX-X$  баллов (Солоненко, 1976; Стром, 1982; Абдрахматов, 1995). Примером подобных структур, образовавшихся в пределах изосейст высшей балльности является эпицентральная область Суусамырского землетрясения. Здесь в пределах изосейсты  $I = IX-X$  баллов во время землетрясения имел место как сход на значительные расстояния огромных масс коренных пород объемом в десятки млн. куб. м, так и оползни рыхлых образований объемом в десятки тыс. куб. м. Однако надежность выявления палеоэпицентров по сейсмогравитационным образованиям является недостаточно высокой: весьма велика вероятность объединения в одну группу обвалов и оползней различного возраста.

Кроме сейсмодислокаций разрывного и гравитационного типов, нами выявлены специфические образования типа ступенчатых перекосов грунта (южный склон хребта Чет-Корумды в Суусамырской впадине), участков массового развития рвов на сводах складок (район реки Алтыгана, также в Суусамырской впадине). Это также участки массового развития широких трещин различных направлений, образующих на водораздельных пространствах хребтов структуры типа “разбитых тарелок” (северное горное обрамление Джумгалской впадины). Встречаются также грабенообразные провалы/проседания водораздельных частей небольших хребтов, такие как в правобережье р. Каракуджур в пределах Аккынского участка сейсмодислокаций. Известны также кольцевые провалы/грабены, выявленные А.Л. Стромом в правобережье р. Нарын. Эти структуры зачастую не имеют четкой



приуроченности к определенным разломам и образовались, по-видимому, вследствие сильнейших сотрясений, усиленных резонансным наложением сейсмических волн, отраженных от различных структурных разделов. Учитывая приуроченность этих специфических образований к привершинным частям хребтов или их водораздельных отрогов, возможно, что в их образовании имеет место "эффект небоскреба" – большая амплитуда колебаний выдающихся (свободных) частей горного хребта.

По-видимому, удалось выявить не все палеосейсмодислокации, фиксирующие отдельные землетрясения. Часть сильных землетрясений могла не породить фиксируемых в рельефе сейсмодислокаций (как, например, землетрясение 1974 г. с  $M = 7,3$  в Алайской долине). Таким образом, количество сильных землетрясений, выявленных по участкам сейсмодислокаций, является минимальным, что также очень важно для оценки сейсмической опасности территории Кыргызстана.

Следует отметить, что сравнительно небольшое количество выявленных сейсморазрывных дислокаций в верховьях р. Нарын и бассейне р. Сарыджаз скорее всего связано с неблагоприятными климатическими условиями, современными гляциальными и перегляциальными процессами, не способствующими их хорошей сохранности и выраженности в рельефе.

Вся изложенная выше информация позволяет утверждать, что последняя карта сейсмического районирования территории республики 1996 г. требует значительной доработки в сторону повышения балльности для отдельных сейсмогенных зон, особенно для центральных частей орогена.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты работы заключаются в нижеследующем:

1. Приведено детальное описание последствий современных сильных землетрясений: Кочкор-Атинского (1992,  $M=6,2$ ,  $I=VII-VIII$ ) и Суусамырского (1992,  $M = 7,3$ ,  $I=IX-X$ ). При изучении последнего сейсмического события был выделен широкий спектр остаточных деформаций на земной поверхности: сеймотектонического (сейсмоуступы), сейсмогравитационного (обвалы, оползни, земляные лавины) и промежуточного (грабены на водоразделах, заколы склонов) типов. Установлено значительное влияние мощного чехла в кайнозойских впадинах Тянь-Шаня на распространение сейсмического разрыва к поверхности. При обоих землетрясениях формировались так называемые «слепые» разрывы, не достигшие поверхности (при Кочкор-Атинском событии), либо на земной поверхности проявилось лишь 10 % от общей длины сейсмогенного разрыва (при Суусамырском

землетрясении). Эта закономерность была выявлена и при изучении палеосейсмодислокаций, например: в Иссык-Кульской и Суусамырской впадинах.

2. На основе изучения примеров деформаций в современных зданиях, подвергшихся воздействию сильных современных землетрясений Тянь-Шаня, была разработана методика археосейсмологического изучения руин древних сооружений. Эта методика была впервые применена при исследовании средневековых поселений Северного Тянь-Шаня: Акырташ, Каменка и Талгар. Было доказано, что разрушение вышеназванных городов произошло вследствие сильных землетрясений прошлого, а не в связи с повторяющимися военными нашествиями VIII-XIV веков.

3. Впервые выявлены следы древних землетрясений в плейстоценовых озерных осадках Иссык-Кульской и Кок-Мойнокской впадин – сейсмита. Эти сейсмогенные конволюции образуются при землетрясениях с  $M > 5$  и являются надежным критерием определения древних сейсмических катастроф, наряду с палеосейсмодислокациями. Определены возрастные интервалы повторяющихся землетрясений Иссык-Кульской впадины по инфракрасным люминесцентным датировкам.

4. Приведена систематическая сводка детальных описаний палеосейсмодислокаций Тянь-Шаня, образовавшихся в голоценовое и плейстоценовое время. Невзирая на отсутствие сильных землетрясений за последние 200 лет, отмечается высокая сейсмическая активность Центрального Тянь-Шаня в голоцене. Выявлены многочисленные ранее не известные эпицентры древних землетрясений. Для многих сеймотектонических сейсмодислокаций определены магнитуда (обычно  $M \geq 7$ ) и интенсивность сейсмических колебаний ( $I \geq IX$ ). Структура и кинематика сейсмогенных разрывов (сейсмоуступов) изучена в отдельных местах проходкой палеосейсмологических траншей с отбором образцов на определения абсолютного возраста. Оценена магнитуда и определен приблизительный возраст палеосейсмодислокаций, а также повторяемость сильных землетрясений с использованием методов определения абсолютного возраста, таких как радиоуглеродный и люминесцентный.

5. Все эти результаты являются основой для улучшения нашего понимания сеймотектоники Тянь-Шаня, а также внесения существенных корректив в Новую карту сейсмического районирования территории Республики Кыргызстан в сторону увеличения ее балльности.

**По теме диссертации были опубликованы следующие работы:**

1. Корженков А.М. Особенности морфоструктур Северо-Западного Прииссыккуля // Материалы VIII Межреспубликанской научной конференции молодых ученых АН Киргизской ССР. - Фрунзе, 1986. - С. 156-157.
2. Корженков А.М., Чедия О.К. Новейшая структура и сейсмодислокации Тюлекской и Каракуджурской впадин (Тянь-Шань) // Изв. АН Кирг. ССР - 1986 - № 5 - С. 26-33.
3. Корженков А.М. О неотектонике северо-западного звена Таласо-Ферганского разлома // Сб. Актуальные вопросы геологии, геофизики и сейсмологии. - Бишкек: Илим, 1993. - С. 53-64.
4. Корженков А.М., Омуралиев М. Формы рельефа, образовавшиеся при сильном Суусамырском землетрясении 1992 года в Северном Тянь-Шане // Геоморфологический риск. II чтения памяти Н. А. Флоренсова. Иркутский геоморфологический семинар: Тез. докл. семинара. - Иркутск, 1993 - С. 105-106.
5. Корженков А.М., Чаримов Т.А. Чонкурчакский участок сейсмодислокаций - свидетельство неоднократных сейсмических катастроф близ города Бишкек // Сб. Актуальные вопросы геологии, геофизики и сейсмологии. - Бишкек: Илим, 1993 - С. 7-14.
6. Омуралиев М., Корженков А.М., Мамыров Э. Определение эпицентра землетрясения по нетрадиционным сейсмологическим данным // III семинар "Нетрадиционные методы изучения неоднородностей Земной коры". ОИФЗ РАН: Тез. докл. семинара. - Москва, 1993 - С. 62-63.
7. Омуралиев М., Корженков А.М., Мамыров Э. Исследование вращательных движений объектов на земной поверхности при сильных землетрясениях // III семинар "Нетрадиционные методы изучения неоднородностей Земной коры". ОИФЗ РАН: Тез. докл. семинара. - Москва, 1993. - С. 64-65.
8. Чедия О.К., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., Корженков А.М. Сейсмогравитационные процессы в Тянь-Шане в прошлом и будущем // Геоморфологический риск. II чтения памяти Н. А. Флоренсова. Иркутский геоморфологический семинар: Тез. докл. семинара. - Иркутск, 1993. - С. 103-104.
9. Ghose S., Pavlis T.L., Sadybakasov I., Korzhenkov A.M. Late Cenozoic mountain building in the central Tien Shan of Kyrgyzstan: Implication for tectonic processes in an intercontinental thrust system // Geol. Soc. Am. Meet. Abst. w/Prog. - Vol. 25. - 1993. - P. A121.
10. Абдрахматов К.Е., Корженков А.М., Лемзин И.Н., Чедия О. К. Джумгалская внутригорная впадина в новейшей структуре Тянь-Шаня // Сб. Тянь-Шань в эпоху новейшего горообразования. - Бишкек: Илим, 1994 - С. 62-86.

11. Корженков А.М., Лемзин И.Н., Фортуна А.Б., Чедия О.К. Зона Южно-Таласского разлома в связи с ее сейсмичностью // Геология кайнозоя и сеймотектоника Тянь-Шаня. - Бишкек: Илим, 1994. - С. 56-85.
12. Чедия О.К., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., Корженков А.М. Сейсмогравитационные структуры Кыргызстана // Сб. Геология кайнозоя и сеймотектоника Тянь-Шаня. - Бишкек: Илим, 1994. - С. 85-97.
13. Омуралиев М., Корженков А.М., Мамыров Э. Остаточные деформации в плейстоценовой зоне - основа для определения сейсмических параметров // Эхо науки. Изв. НАН КР. - 1995 - № 3-4. - С. 24-28.
14. Hamburger M.W., Ghose S., Hager B.H., Herring T.A., Molnar P., Reilinger R.E., Trapeznikov Yu.A., Korjenkov A.M., Mellors R.J. Rate and style of active tectonic deformation in an Intracontinental orogen: The Tien Shan of Kyrgyzstan and Kazakhstan // Geol. Soc. Am. Meet. Abst. w/Prog. - 1996. - P. A-113.
15. Korjenkov A.M. Forms of a Relief Formed During Strong Suusamyr Earthquake 1992 in Northern Tien Shan // International Association of Seismology and Physics of the Earth Interior's Regional Assembly in Asia. Abstracts. - Tangshan, China, 1996. - P. 216.
16. Korjenkov A.M., Bowman D. Active Thrust Morphotectonics in the Tien Shan // Israel Geol. Soc. An. Meet. Abstracts. - Eilat, 1996. - P. 53.
17. 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. Структура очага Суусамырского землетрясения 1992 г. на основании анализа его геологических и сейсмологических проявлений // Физика Земли. 1997. - № 11. - С. 3-18.
18. Корженков А.М. Сейсмодислокации бассейна р. Узунахмат - одно из проявлений Таласо-Ферганской сеймогенерирующей зоны // Эхо науки. Изв. НАН КР. - 1997. - № 4. - С. 30-35.
19. Чедия О.К., Корженков А.М. О долговременном сохранении в рельефе следов древних сейсмических катастроф (на примере Чилико-Кеминской сеймогенерирующей зоны Северного Тянь-Шаня) // Геоморфология. - 1997. - № 3. - С. 88-98.
20. Bogachkin B.M., Korzhenkov A.M., Mamyrov E., Nechaev Yu.V., Omuraliev M., Petrosyan A.E., Pletnyov K.G., Rogozhin E.A., Charimov T.A. The Structure of 1992 Susamyr Earthquake Source Based on Its Geological and Seismological Manifestations // Izvestiya. Physics of the Solid Earth. - Vol. 33. - 1997. - No. 11. - P. 867-882.
21. Ghose S., Mellors R.J., Korjenkov A.M., Hamburger M.W., Pavlis T.L., Pavlis G.L., Omuraliev M., Mamyrov E., Muraliev A.R. The Ms = 7.3 1992 Suusamyr, Kyrgyzstan earthquake in the Tien Shan: 2. Aftershock focal

- mechanisms and surface deformation // Bulletin of Seismologic Society of America. - Vol. 87. - 1997. - No. 1. - P. 23-38.
22. Бауман Д., Корженков А.М. Сейсмогенные деформации в рыхлых озерных отложениях озера Иссык-Куль, Кыргызстан // Всероссийское совещание "Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в XXI веке", ВСЕГЕИ: Тез. докл. совещания. - Санкт-Петербург, 1998 - С. 150-151.
23. Корженков А.М., Бауман Д. Современные отклонения дренажной сети, обусловленные надвиговой морфотектоникой, в Суусамырской долине, Тянь-Шань, Кыргызстан // Всероссийское совещание "Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в XXI веке", ВСЕГЕИ: Тез. докл. совещания. - Санкт-Петербург, 1998 - С. 160.
24. Омуралиев М., Корженков А.М., Мамыров Э. Новейшая тектоника, сейсмическая опасность восточной части Алайского хребта (Южный Тянь-Шань) // Известия НАН КР - 1998. - № 4. - С. 36-40.
25. Хасельтон К., Бауман Д., Корженков А.М., Мамыров Э., Штреккер М., Турдукулов А. Современная деформация и денудация в горах Тянь-Шаня и Памира Кыргызской Республики // Сборник докладов Международного семинара "Конверсионный потенциал Кыргызской Республики и проекты МНТЦ". Озеро Иссык-Куль, Часть 1. - Бишкек: Изд. КРСУ, 1998. - С. 56-71.
26. Chediya O.K., Abdrakhmatov K.E., Korzhenkov A.M., Lemzin I.N. Seismotectonic position of the Balasogum, north Tien Shan earthquake of the 15th century // Journal of Earthquake Prediction Research. - Vol. 7. - 1998. - P. 289-299.
27. Haselton K., Bowman D., Korjenkov A., Mamyrov E., Strecker M., Turdukulov A. Recent deformation and denudation in the Tien Shan and Pamir mountains of the Kyrgyz Republic // Proceedings of the International Seminar "Conversion potential of the Kyrgyz Republic and ISTC projects", Issyk-Kul Lake. - Bishkek: Kyrgyz-Russian Slavic University Publishes, 1998. - P. 58-72.
28. Korjenkov A.M. Long-Term Preservation of Traces of Ancient Seismic Catastrophes, Chon-Kemin Valley, Kyrgyzstan // Second Meeting of Asian Seismological Commission and Symposium on Earthquake Hazard Assessment and Earth's Interior Related Topics. National Geophysical Research Institute: Abstracts. - Hyderabad, India, 1998. - P. 52.
29. Корженков А.М. Морфоструктура и сейсмичность Аксайской впадины и ее горного обрамления // Наука и новые технологии. - 1999. - № 2. - С. 36-42.

30. Корженков А.М. Морфоструктуры и сейсмичность Кочкорской впадины и ее горного обрамления (Северный Тянь-Шань) // Известия НАН КР. - 1999. - № 3-4. - С. 33-39.
31. Корженков А.М., Бауман Д., Омуралиев М. Хасельтон К. Следы древних сильных землетрясений в отложениях озера Иссык-Куль // Изв. РГО. - Т. 131. - 1999. - Вып. 4. - С. 48-55.
32. Arrowsmith J.R., Korjenkov A., Strecker M. Seismotectonic range-front segmentation and mountain belt growth in the Pamir-Alay region, Kyrgyzstan // 14th Himalaya-Karakorum-Tibet Workshop. Terra Nostra: Abstract Volume. - 1999. - No. 2. - P. 11-12.
33. Korjenkov A., Bowman D., Haselton K., Porat N. Recent drainage diversions under thrusting conditions in the Suusamyr Valley, the Tien Shan Range, Kyrgyzstan // Isr. J. Earth Sci. - Vol. 48. - 1999. - P. 63-79.
34. Korjenkov A.M., Chedia O.K. Long-term preservation of strong paleoearthquakes traces in the Chilik-Kemin seismogenic zone, Chon-Kemin Valley, northern Tien Shan // 14th Himalaya-Karakorum-Tibet Workshop. Terra Nostra: Abstract Volume. - 1999. - No. 2. - P. 86-88.
35. Korzhenkov A.M., Mazor E. Structural reconstruction of seismic events: Ruins of ancient buildings as fossil seismographs // Science and New Technologies. - 1999. - No. 1. - P. 62-74.
36. Байпаков К.М., Корженков А.М. Архео-сейсмологические исследования средневековых памятников Жетысу (Семиречья) на Великом шелковом пути // Известия МОН РК, НАН РК. - 2000. - № 1 (224). - С. 109-125.
37. Корженков А.М. Морфоструктура и сейсмичность восточной части Нарынской впадины и ее горного обрамления (Срединный Тянь-Шань) // Наука и новые технологии. 2000. - № 4. - С. 134-146.
38. Корженков А.М. Тектоника кайнозоя и сейсмичность северо-западной части Иссык-Кульской впадины (Тянь-Шань) // Геология и геофизика. - Т. 41. - 2000. - № 7. - С. 971-982.
39. Корженков А.М., Лемзин И.Н. Макросейсмическое обследование и геологические условия Кочкор-Атинского (1992, MLH=6.2) землетрясения в Южном Кыргызстане // Наука и новые технологии. - 2000. - № 3. - С. 14-21.
40. Корженков А.М., Савельева Т. В., Чанг К. Геоморфологические и архео-сейсмологические исследования Талгарского аллювиального конуса выноса // Известия МОН РК, НАН РК. - 2000. - № 1 (224). - С. 101-109.
41. Haselton K., Korjenkov A., Tupchy Y., Porat N., Bowman D., Mamyrov E., Omuraliev, M. Cenozoic tectonics of the northwestern Issyk-Kul basin, Tien Shan // 25th General Assembly of European Geophysical Society. Geophysical Research Abstracts. - CD Vol. 2. - Nice, France, 2000. - P. 245.



42. Korjenkov A.M. Paleoseismology and neotectonics of eastern part of the Naryn depression, central Tien Shan // Third Meeting of Asian Seismological Commission and Symposium on Seismology, Earthquake Hazard Assessment and Earth's Interior Related Topics: Abstracts Volume. - Tehran, Iran, 2000. - P. 77.
43. Korjenkov A. M. Seismogenic Convolutions in Soft Lacustrine Sediments of the Issyk Kul Lake, Tien Shan, Kirgizstan - Initial Report // Journal of Earthquake Prediction Research. - Vol. 8. - 2000. - No. 4. - P. 514-519.
44. Korjenkov A. Traces of ancient strong earthquakes in lacustrine deposits of Issyk-Kul lake, Kyrgyzstan // Introductory Meeting of Alexander von Humboldt Foundation Fellows: Abstracts Volume. - Halle, Germany, 2000. - P. 32.
45. Korjenkov A., Bowman D., Porat N., Haselton K., Mamyrov M. Resent drainage diversions under thrusting conditions in the Sususmyr valley; Tien Shan, Kyrgyzstan // 25th General Assembly of European Geophysical Society: Geophysical Research Abstracts. - CD Vol. 2. - Nice, France, 2000. - P. 250.
46. Korjenkov A., Bowman D., Porat N., Haselton K., Omuraliev M. Seismogenic soft sediment deformations in lacustrine deposits of Issyk-Kul lake, Tien Shan // 25th General Assembly of European Geophysical Society: Geophysical Research Abstracts. - CD Vol. 2. - Nice, France, 2000. P. 251.
47. Korzhenkov A.M. Cenozoic tectonics and seismicity of the northwestern Issyk-Kul' basin (Tien Shan) // Russian Geology and Geophysics. - Vol. 41. - 2000. - No. 7. - P. 940-950.
48. Корженков А.М. Мазор Э. Структурная реконструкция сейсмических событий: руины древних городов как окаменевшие сейсмографы // Известия МОН РК, НАН РК. - 2001. - № 1. - С. 108-125.
49. Korjenkov A.M. Traces of strong earthquakes of the northern Tien Shan in ruins of Medieval cities along the Great Silk Route // Workshop of the ESC Working Group "Historical Seismology": Abstracts. - Vienna, Austria, 2001. - P. 10.
50. Bowman D., Korjenkov A., Porat N. Late-Pleistocene seismites from Lake Issyk-Kul, the Tien Shan range, Kyrgyzstan // Environmental Catastrophes and Recovery in the Holocene. Brunel University: Abstracts Volume. - West London, UK, 2002. - P. 16.
51. Bowman D., Korjenkov A., Porat N., Czassny B., Omuraliev M. Drainage Response to Thrusting at Basin Foothills, The Northern Tien Shan, Kyrgyzstan // The Annual Meeting of the Israel Geographic Society. - Beer Sheva, 2002. P. A-B.
52. Bowman D., Korjenkov A., Porat N., Czassny B., Omuraliev M. Drainage response to thrusting at basin foothills, the northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Climate Change, Active Tectonics and Related Geomorphic Effect in High

- Mountain Belts and Plateaux. IAG International Symposium. - Addis Ababa, 2002. - P. 58.
53. Bowman D., Korjenkov A., Porat N., Czassny B., Omuraliev M. Thrusting at Basin Foothills, The Northern Tien Shan, Kyrgyzstan // The Annual Meeting of the Israel Geographic Society. - Beer Sheva, 2002. - P. C.
54. Bowman D., Korjenkov A., Porat N., Czassny B., Omuraliev M. Thrusting at basin foothills, the northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Climate Change, Active Tectonics and Related Geomorphic Effect in High Mountain Belts and Plateaux. IAG International Symposium. - Addis Ababa, 2002. - P. 57.
55. Korjenkov A.M., Kovalenko V.A., Usmanov S.F. Long-term preservation of paleoseismic deformations - an instrument for revealing of ancient seismic catastrophes (on example of the Chon-Kemin river valley, Kyrgyzstan) // Seventh International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography (HMRSC VII): Abstracts. - Bishkek, 2002. - P. 25.
56. Korjenkov A.M., Mamyrov E., Omuraliev M., Kovalenko V.A., Usmanov S.F. Rock avalanches and landslides formed during strong Sususmyr (1992, M = 7.3) earthquake in the northern Tien Shan - example structures for mapping of paleoseismic deformation with use of satellite images // Seventh International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography (HMRSC VII): Abstracts. - Bishkek, 2002. - P. 26.
57. Корженков А.М., Бауман Д., Мамыров Э., Омуралиев М., Порат Н. Об отклонениях дренажной сети, обусловленных современной тектоникой в Суусамырской впадине, Северный Тянь-Шань // Изв. РГО. - Т. 135. - 2003. - Вып. 2. - С. 49-61.
58. Bowman D., Korjenkov A., Porat N. Anticline piercing through bajada at basin foothills, the northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Alluvial Fans: Abstracts Volume. - Sorbas, Spain, 2003. - P. 3.
59. Bowman D., Korjenkov A., Porat N., Czassny B. Drainage response to thrusting at basin foothills, the northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Climate Change, Active Tectonics and Related Geomorphic Effect in High Mountain Belts and Plateaux. Proceedings of IAG International Symposium. - Rome: Publishing House of "Roma Tre" University, 2003. - P. 94-97.
60. Bowman D., Korjenkov A., Porat N., Czassny B. Drainage Response to Thrusting at Basin Foothills, The Northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Israel Geological Society Annual Meeting: Abstracts. - Ein Boqeq, Israel, 2003. - P. 22.
61. Bowman D., Korjenkov A., Porat N., Czassny B. Thrusting at basin foothills, the northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Climate Change, Active Tectonics and Related Geomorphic Effect in High Mountain Belts and Plateaux. Proceedings of IAG International Symposium. - Rome: Publishing House of "Roma Tre" University, 2003. - P. 90-93.

62. Bowman D., Korjenkov A., Porat N., Czassny B. Thrusting at Basin Foothills, The Northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Israel Geological Society Annual Meeting: Abstracts. - Ein Boqueq, Israel, 2003. - P. 23.
63. Korjenkov A.M., Baypakov K.M., Chang C., Peshkov Yu., Savelieva T. Traces of ancient earthquakes in Medieval cities along the Great Silk Route, northern Tien Shan and Dzhungaria // Turkish Journal of Earth Sciences. - Vol. 12. - 2003. - P. 241-261.
64. Корженков А.М., Мамыров Э., Поволоцкая И.Э., Табалдиев К., Эрроусмит Р. Сейсмический генезис разрушений Каменской средневековой крепости, Северное Прииссыкулье // Известия ВУЗов. - 2004. - № 6. - С. 32-36
65. Поволоцкая И.Э., Корженков А.М., Мамыров Э., Эрроусмит Р., Кросби К. Следы сильных землетрясений в озерных осадках Иссык-Куля. Сб. Историческая роль Александра Гумбольдта и его экспедиций в развитии мировой, региональной и национальной науки: Материалы 2-ой Международной конференции Humboldt-Kolleg, организованной клубом Александра Гумбольдта в Казахстане. - Алматы, Казахстан, 2004. - С. 101-104
66. Arrowsmith R., Crosby C., Korjenkov A., Mamyrov E., Povolotskaya I. Surface rupture along the Chon Aksu and Aksu (eastern) segments of the 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Tien Shan, Kyrgyzstan // Eos Trans. AGU, Fall Meet. Suppl.: Abstract. - Vol. 85(47). - San-Francisco, USA, 2004. - P. T14C-02.
67. Bowman D., Korjenkov A. M., Porat N. Late-Pleistocene seismites from Lake Issyk-kul, the Tien Shan range, Kyrgyzstan // Sedimentary Geology. - Vol. 163. 2004. - P. 211-228.
68. Bowman D., Korjenkov A., Porat N., Czassny B. Morphological response through competing of thrusting and erosion, at basin foothills, the northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Geomorphology. - Vol. 63. - 2004. - P. 1-24.
69. Korjenkov A.M., Kovalenko V.A. Usmanov S.F. Long-term preservation of paleoseismic deformations as a tool for revealing traces of ancient seismic catastrophes (on example of Chon-Kemin Valley, Kyrgyzstan) // Proceedings of the 7th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography. - Band 23. - Dresden: Kartographische Bausteine, 2004. - P. 137-153.
70. Korjenkov A.M., Mamyrov E., Omuraliev M., Kovalenko V.A. Usmanov S.F. Rock avalanches and Landslides formed in result of strong Susamyr (1992, M = 7.4) earthquake in the northern Tien Shan - test structures for mapping of paleoseismic deformations by satellite images // Proceedings of the 7th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography. - Band 23. - Dresden: Kartographische Bausteine, 2004. - P. 117-135.

71. Корженков А.М., Мамыров Э., Поволоцкая И.Э., Табалдиев К., Эрроусмит Р. Сейсмический генезис разрушений Каменской средневековой крепости, Северное Прииссыкулье // Вестник КРСУ. - Том 5. - 2005. - № 1. - С. 86-88.
72. Корженков А.М., Мамыров Э., Орлова Л.А., Поволоцкая И.Э., Табалдиев К., Эрроусмит Р. О причине разрушения Каменской средневековой крепости, Северное Прииссыкулье, Киргизстан. // Геодинамика и геозкология высокогорных регионов в XXI веке: Материалы Третьего Международного Симпозиума. НС РАН.: Тез. докл. симпозиума. - Бишкек, 2005. - С. 199-200.
73. Корженков А.М., Мамыров Э., Орлова Л.А., Поволоцкая И.Э., Табалдиев К., Эрроусмит Р. Сейсмические разрушения Каменской средневековой крепости, Северное Прииссыкулье, Кыргызстан // Геология в Школе и ВУЗе: Геология и Цивилизация (Материалы IV Международной Конференции): Тез. докл. конф. - СПб., 2005 - С. 234-236.
74. Чаримов Т.А., Поволоцкая И.Э., Корженков А.М. Сейсмодислокации Северного Тянь-Шаня // Известия вузов. - 2005. - № 1. - С. 211-229.
75. Arrowsmith J.R., Crosby C.J., Korjenkov A.M., Mamyrov E., Povolotskaya, I. Surface rupture of the 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Eos Trans. AGU, Fall Meet. Suppl.: Abstract. - Vol. 86(52). - San-Francisco, USA, 2005. - P. T51F-05.
76. Korjenkov A.M., Arrowsmith J.R., Mamyrov E., Orlova L.A., Povolotskaya I.E., Tabaldiev K. Destruction de la forteresse médiévale de Kamenka, région nord du Lac Issyk-Kul, Tien Shan: Chingizkhan ou un tremblement de terre? // VIIe Rencontres du Groupe APS. - Perpignan, France, 2005. - P. 21
77. Korjenkov A.M., Arrowsmith J.R., Mamyrov E., Orlova L.A., Povolotskaya I.E., Tabaldiev K. Destruction of the Kamenka medieval fortress, northern Issyk-Kul lake region, Tien Shan: Chingizkhan or an earthquake? // VIIe Rencontres du Groupe APS. - Perpignan, France, 2005. - P. 22
78. Корженков А. М. Сейсмогеология Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов). - Бишкек: Илим, 2006. - 290 с.
79. Поволоцкая И., Корженков А., Кросби К., Мамыров Э., Орлова Л., Табалдиев К., Эрроусмит Р. Использование археосейсмологического метода для выявления следов сильных землетрясений на примере Каменской средневековой крепости, Северное Прииссыкулье, Тянь-Шань // Наследие Александра фон Гумбольдта в исследовании горных регионов: Материалы международной научной конференции Гумбольдт-Коллег I. Кыргызстан. Иссык-Куль. - Бишкек: Илим, 2006. - С. 164-174.
80. Korjenkov A.M., Michajljow W., Wetzel H.-U., Abdybashev U., Povolotskaya I.E. Field Excursion Guidebook. International Training Course

“Seismology and Seismic Hazard Assessment”. – Bishkek-Potsdam: GFZ-ZAIAG, 2006. – 112 p.

### КОРУТУНДУ

Корженков Андрей Михайлович

«Тянь-Шандын голоцен жана плейстоцендеги сейсмикалык деформациялары (Кыргызстандын аймагы жана чектеш райондору)»

Геология илимдеринин докторунун окумуштуулук даражасын алуу үчүн жазылган диссертация, адистиги 25.00.01 – Жалпы жана регионалдык геология

**Негизги сөздөр:** археосейсмология, палеосейсмология, радиоуглероддук жана люминесценттик датировкалар, сейсмиттер, сейсмикага байланыштуу имараттардын кыйроосу, сейсмогеология, сейсмодислокациялар, азыркы учурдагы жер тити рөөлөр, тренчинг (траншея), Тянь-Шань

Диссертацияда кыргызстандын аймагында 1992 ж. болгон күчтүү жер титирөөлөрдүн таасири баяндалат. Изилдөөнүн жыйынтыгы, автор иштеп чыккан археосейсмологиялык анализдөө методикасынын негизин түзөт. Бул метод биринчи жолу Түндүк Тянь-Шанда Улуу жибек жолундагы орто кылымдын эстеликтерин изилдөөдө колдонулган. Ошондой эле биринчи жолу Кыргызстандын аймагы үчүн Ысык-Көлдүн чөкмө тектериндеги сейсмикалык конволюцияларын (сейсмиттер - көлдүн борпоң – суюк чөкмө тектериндеги өткөн жер титирөөлөрүнүн издери) изилдөөлөрүнүн жана алардын жашын (абс. возраст) аныктоонун маалыматтары келтирилген. Тарыхый убакта болгон белгилүү жер титирөөлөрдүн натыйжасында пайда болгон сейсмодислокациялар (кыртыш тектердин өзгөрүлүшү) жана палеосейсмодислокациялар жөнүндө маалыматтар көрсөтүлгөн. «Абсолюттук датировка» методу менен айрым структуралардын палеосейсмодислокацияларынын жашы аныкталган. Алынган маалыматтар Кыргыз Республикасынын жаны сейсмикалык райондоштуруу картасын түзүүдө негиз болуп саналат.

### РЕЗЮМЕ

Корженков Андрей Михайлович

«Сейсмические деформации голоцена и плейстоцена Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов)»

### Диссертация

на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 – Общая и региональная геология

**Ключевые слова:** археосейсмология, палеосейсмология, радиоуглеродные и люминесцентные датировки, сейсмиды, сейсмогенные разрушения зданий, сейсмогеология, сейсмодислокации, современные землетрясения, тренчинг, Тянь-Шань.

В диссертации приводится описание последствий современных сильных землетрясений, произошедших на территории Кыргызстана в 1992 г. Результаты исследований легли в основу метода археосейсмологического анализа, разработанного автором. Впервые этот метод был использован при обследовании средневековых памятников на Великом Шелковом пути в Северном Тянь-Шане. Также впервые для территории Кыргызстана приводятся результаты исследования и определения абсолютного возраста сейсмогенных конволюций в озерных осадках Иссык-Куля (сейсмитов) – следов землетрясений в рыхлых разжиженных осадках. Представлена сводка по сейсмодислокациям, возникшим при известных исторических землетрясениях, а также – палеосейсмодислокациям. Возраст последних для отдельных структур уже определен методами абсолютного датирования. Полученные данные должны послужить основой для составления новой карты сейсмического районирования Кыргызской Республики.

### ABSTRACT

Korjenkov Andrey Mikhaylovich

“Seismic deformations of Holocene and Pleistocene in the Tien Shan (in the bounds of Kyrgyzstan and adjacent regions)”

Dissertation on obtaining of the scientific degree of the Doctor of geologic and mineralogical sciences on speciality 25.00.01 – General and regional geology

**Key words:** archeoseismology, paleoseismology, radiocarbon and luminescence dates, seismites, seismogenic destructions of the buildings,



seismogeology, seismic deformations, recent earthquakes, trenching, Tien Shan

A description of consequences of recent strong earthquakes occurred in Kyrgyzstan territory is in the dissertation. Results of the study were a basis of the archeoseismological method elaborated by the author. For the first time this method was used for the investigations of the Medieval settlements along the Great Silk Route in the northern Tien Shan. Also for the first time for the Kyrgyzstan territory there are cited results of the study and determination of the absolute age of the seismogenic convolutions in the Issyk-Kul Lake deposits (seismites) – traces of the earthquakes in loose liquefied sediments. There is a summary on seismic deformations occurred during known historical earthquakes, as well as on paleoseismic deformations. Ages of the last ones there were determined by the methods of the absolute dating. Obtained data have to be a basis for a compiling of a new Map of Seismic Zoning of Kyrgyz Republic.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A. Feyz', is located below the main text block.