



**СИЛЬНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ  
И ПАЛЕОЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ  
ПРИИССЫККУЛЬЯ  
И ИХ ПОЛОЖЕНИЕ В СТРУКТУРЕ  
СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ИМ. О.Ю.ШМИДТА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИФЗ РАН)**

**СИЛЬНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ  
И ПАЛЕОЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ  
ПРИИССЫККУЛЯ  
И ИХ ПОЛОЖЕНИЕ В СТРУКТУРЕ  
СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ**

МОСКВА  
ИФЗ РАН  
2018

УДК 550.394.4  
ББК 26.21  
С36

**Авторы:**

А.М. Корженков, С.В. Абдиева, А.Р. Агатова, Р. Арроусмит, Д. Бауман, П.С. Вахрамеева, А.С. Гладков, Б. Гуральник, Е.В. Деев, А.Б. Джумабаева, М. Казмер, Д. Керимбаева, В. Кольченко, К. Кросби, Е.Ю. Лобова (Казанцева), Д.В. Лужанский, Й.В. Мажейка, Э. Мамыров, М.Ю. Меньшиков, Е.А. Морозова, А.М. Муралиев, К. Нурманбетов, Л.А. Орлова, Т.Л. Павлис, И.Э. Поволоцкая, Н. Порат, Е.А. Рогожин, С.Н. Родина, М.В. Родкин, А.А. Сорокин, К. Табалдиев, И.В. Турова, С.Ф. Усманов, А.Б. Фортуна, Т.А. Чаримов, Д. Шен, А.С. Юдахин.

**Отв. редактор** - член-корр. РАН А.В. Николаев

Печатается по решению Ученого совета ИФЗ РАН от 18 октября 2017 г.

**С36**

**Сильные исторические и палеоземлетрясения Прииссыккуля и их положение в структуре Северного Тянь-Шаня** / А.М. Корженков, С.В. Абдиева, А.Р. Агатова и др.; Под ред А.В. Николаева. - М. ИФЗ РАН, 2018. - 174 с.: ил.

**ISBN 978-5-91682-040-9**

Работа посвящена изучению следов сильных древних землетрясений на территории Иссык-Кульской впадины и ее горного обрамления. С помощью методов структурной геоморфологии, археосейсмологии и палеосейсмологии исследовались деформации в скальных грунтах (сейсмодислокации), в рыхлых отложениях (сейсмитах), а также в археологических памятниках. Сейсмогенные конволюции в озерных осадках и деформации в археологических памятниках были выявлены впервые. Было подтверждено, что так называемые “цветковые” структуры, образующиеся в зонах крупных сдвигов в земной коре Тянь-Шаня, ответственны за структурную приуроченность очагов древних землетрясений, и формирование и развитие современных морфоструктур региона.

Книга может быть полезна и интересна специалистам в области сейсмогеологии, региональной геологии и геоморфологии, студентам и аспирантам профильных ВУЗов, а также археологам, историкам и краеведам Киргизии.

**Ключевые слова**

Землетрясение, сейсмический очаг, разрыв, эскарп, уступ, оползень, палеопочва, радиоуглеродный возраст, антиклиналь, магнитуда, Иссык – Куль, Тянь-Шань.

**Key words**

Earthquake, seismic source, fault, escarp, scarp, land-slide, paleosoil, radiocarbon age, anticline, magnitude, Issyk-Kul, Tian Shan

**ISBN 978-5-91682-040-9**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

ВВЕДЕНИЕ (А.М. Корженков) .....	5
ГЛАВА 1. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	6
1.1. Активные разломы и сейсмодислокации и методы их исследований (А.М. Корженков) .....	6
1.2. Люминесцентное датирование (Н. Порат) .....	6
1.3. Радиоуглеродное датирование (Й.В. Мажейка) .....	7
1.4. Археосейсмологические исследования (А.М. Корженков) .....	9
1.5. Сейсмологические исследования (А.М. Корженков, А.М. Муралиев) .....	11
ГЛАВА 2. ДОМЕЗОЗОЙСКАЯ ТЕКТНИКА ИССЫК-КУЛЬСКОГО РЕГИОНА В СВЯЗИ С СЕЙСМИЧНОСТЬЮ (К. Нурманбетов, С.В. Абдиева) .....	13
ГЛАВА 3. МЕЗОЗОЙ-КАЙНОЗОЙСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ (А.Б. Фортуна, С.В. Абдиева) .....	18
ГЛАВА 4. ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЫ В КАЙНОЗОЕ (А.М. Корженков) .....	22
ГЛАВА 5. СЕЙСМОДИСЛОКАЦИИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ МЕЖГОРНОЙ ВПАДИНЫ . . . .	23
5.1 Сейсмодислокации в долине реки Иири-Талдыбулак (А.М. Корженков, С.В. Абдиева, П.С. Вахрамеева, А.Б. Джумабаева, Э. Мамыров, Е.А. Морозова, Л.А. Орлова, А.Б. Фортуна) .....	23
5.2. Тору-Айгырский участок сейсмодислокаций (А.М. Корженков, Д. Бауман, Д. Лужанский, Э. Мамыров, И.Э. Поволоцкая, Н.Порат) .....	28
5.3. Койсуйский участок сейсмодислокаций (А.М. Корженков, Е.В. Деев, Д. Лужанский, С.В. Абдиева, А.Р. Агатова, Й.В. Мажейка, М.Ю. Меньшиков, Е.А. Рогожин, С.Н. Родина, А.А. Сорокин, А.Б. Фортуна, Т.А. Чаримов, Д. Шен, А.С. Юдахин) .....	45
5.4. Туякдарский (Комсомольский) участок сейсмодислокаций (А.М. Корженков) . . . .	54
5.5. Чон-Аксу – Аксуйский участок сейсмодислокаций (Р. Арроусмит, Б. Гуральник, Е.В. Деев, А.М. Корженков, К. Кросби, Э. Мамыров, Л.А. Орлова, И.Э. Поволоцкая, Е.А. Рогожин, С.Н. Родина, М.В. Родкин, К. Табалдиев) .....	54
5.6. Урюктинский участок сейсмодислокаций (Б. Гуральник, Р. Арроусмит, А.М. Корженков, К. Кросби, И.Э. Поволоцкая) .....	67
5.7. Курментинский участок сейсмодислокаций (А.М. Корженков, Д. Лужанский, А.Р. Агатова, М. Казмер, В. Кольченко, С.В. Абдиева, Е.В. Деев, Е.А. Рогожин, В.М. Родкин, А.Б. Фортуна, Дж. Шен, А.С. Юдахин) .....	69
5.8. Сейсмодислокации Восточного Прииссыккуля (А.М. Корженков) .....	80
5.9. Западно-Талдысуйский участок (А.М. Корженков) .....	81
5.10. Восточно-Талдысуйский участок (А.М. Корженков) .....	81

5.11. Джергаланский участок сейсмодислокаций (А.М. Корженков, Б. Гуральник, Р. Арроусмит, К. Кросби, И.Э. Поволоцкая) . . . . .	82
5.12. Кызылсуйский участок сейсмодислокаций (А.М. Корженков, С.В. Абдиева, А.Б. Фортуна, Т.А. Чаримов, А.С. Юдахин) . . . . .	85
5.13. Каджисаз-Тоссорский участок сейсмодислокаций (А.М. Корженков, С.В. Абдиева, А.С. Гладков, Е.В. Деев, Д. Керимбаева, В. Кольченко, Е.Ю. Лобова (Казанцева), Д.В. Лужанский, И.В. Мажейка, А.М. Муралиев, Е.А. Рогожин, С.Н. Родина, М.В. Родкин, С.Ф. Усманов, А.Б. Фортуна, Т.А. Чаримов, А.С. Юдахин) . . . . .	92
5.14. Алабаш-Конуроленский участок сейсмодислокаций (Е.В. Деев, И. Турова, А.С. Гладков, А.М. Корженков, С.В. Абдиева, И.В. Мажейка, А.М. Муралиев, М.В. Родкин, Е.А. Рогожин, А.Б. Фортуна, Т.А. Чаримов, А.С. Юдахин) . . . . .	115
5.15. Улахольский участок сейсмодислокаций (А.М. Корженков) . . . . .	122
5.16. Кызыломпульский участок сейсмодислокаций (А.М. Корженков, Д.В. Лужанский, С.В. Абдиева, Е.В. Деев, Т.Л. Павлис, Е.А. Рогожин, И. Турова, А.С. Юдахин) . . . . .	122
ГЛАВА 6. СЕЙСМОГЕННЫЕ КОНВОЛЮЦИИ В ДРЕВНИХ ОЗЕРНЫХ ОСАДКАХ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ (А.М. Корженков, С.В. Абдиева, Д. Бауман, Е.В. Деев, А.С. Гладков, Е. Лобова (Казанцева), И.В. Мажейка, Э. Мамыров, И.Э. Поволоцкая, Н.Порат, Е.А. Рогожин, М.В. Родкин, Т.А. Чаримов, А.С. Юдахин) . . . . .	129
Введение . . . . .	129
6.1. Полученные материалы . . . . .	129
6.2. Основные седиментационные характеристики и фациальные ассоциации деформированных слоев . . . . .	131
6.2.3. Сейсмогенные деформации в озерных отложениях Кок-Мойнокской впадины . . . . .	134
6.2.4. Сейсмогенные деформации в озерных отложениях Иссык-Кульской впадины . . . . .	140
6.2.5. Критерии для сейсмиков . . . . .	152
6.2.6. Возраст сейсмиков . . . . .	154
6.2.7. Данные по исторической и инструментальной сейсмичности . . . . .	157
Заключение . . . . .	158
ГЛАВА 7. Сейсмотектоническая позиция очагов древних землетрясений в пределах Иссык-Кульской впадины и новая оценка сейсмической опасности региона (А.М. Корженков, Е.В. Деев) . . . . .	159
ЗАКЛЮЧЕНИЕ (А.М. Корженков) . . . . .	162
ЛИТЕРАТУРА . . . . .	163

*Посвящается нашим родителям, супругам и детям,  
которые долгие годы терпят наши увлечения  
и ждут нас из экспедиций*

## ВВЕДЕНИЕ

Работа по изучению сильных землетрясений в Иссык-Кульской котловине началась еще в начале XX века: русские ученые из Геолкома приехали на южную окраину Российской Империи весной 1911 г. изучать последствия катастрофического Кебинского (1911,  $M_S = 8.2$ ,  $I_0 = X-XI$  баллов) землетрясения [Богданович и др., 1914]. Сильные землетрясения: Сарыкамьшское в 1970 г. и Джаланаш-Тюпское в 1978 г. (с  $M_S \sim 7$  и  $I_0 = VIII-IX$  баллов), привлекли внимание местных сейсмологов [Григоренко и др., 1973; Жаланаш-Тюпское..., 1981]. Изучались и палеоземлетрясения: преимущественно сотрудниками Института сейсмологии Киргизской ССР [Геологические..., 1978; Детальное..., 1993]. Недостатком работ киргизских исследователей было отсутствие абсолютных возрастов выявленных сейсмодислокаций, а также незнание их внутреннего строения.

Все изменилось после распада СССР. Независимый Кыргызстан широко открыл двери всем иностранным экспедициям. Американцы, бельгийцы, израильтяне, немцы совместно с киргизскими учеными стали широко использовать палеосейсмологический тренчинг – проходку сейсмоуступов траншеями вкрест их простирания. Стала понятна структура сейсмогенных разломов, появилась возможность достоверной параметризации древних сейсмических событий. Отобранные со стенок траншей пробы для определения возраста деформированных слоев дали уникальную возможность в пределах ошибки методов - радиоуглеродного, люминесцентного, космогенных изотопов, определить возраст, а иногда и повторяемость, сильных сейсмических событий в пределах изучаемого сегмента разлома на протяжении многих тысяч лет. В последние годы к этим работам снова подключились и российские ученые.

Хотя последние 25 лет на Иссык-Куле работает много иностранных групп, постоянно, всецело и систематически последствия древних землетрясений изучает лишь одна, включающая российских, киргизских, американских и израильских ученых под руководством А.М. Корженкова. Кроме упомянутых палеосейсмологических исследований на территории всей котловины, опыт работ с осадками Мертвого моря (в Израиле) позволил этой группе впервые выявить сейсмогенные конволюции в озерных накоплениях Иссык-Куля. Археосейсмологические исследования древних памятников, старт которых также начался на Святой Земле – абсолютно новый пласт научных работ этой группы в регионе. Полученные новые материалы о режиме сильных землетрясений древности должны быть учтены при составлении новой карты сейсмического районирования территории Кыргызской Республики. Использованная нами на Тянь-Шане методика изучения древних сейсмических катастроф теперь используется во многих регионах России для более полной оценки сейсмической опасности.

Работа по изучению сильных землетрясений финансировалась INTAS: грант № 96-1923 “Recent deformation and denudation in Pamir and Tien Shan, Kyrgyzstan”; МНТЦ: гранты № KR-357 “Active faults and strong earthquakes in the Tien Shan”, № KR-1668 “Prediction of the sliding phenomena on the basis of analysis of mechanisms of a failure of natural and artificial slopes in high-mountain conditions of Kyrgyz Republic”; № KP-2011 “Seismic hazard assessment of Kyrgyzstan through the integrated study of focal mechanisms of major earthquakes and paleoseismic trenching”; № G-2153 “High mountain large lakes as a key components of local environment, study of natural and man-made impacts”; US CRDF: гранты №№ KYG2-2542-BI-03 и KYG2-2820-BI-06 “Study of recent tectonics and seismic deformation in the northern Tien Shan, Kyrgyzstan”, РФФИ, гранты № 13-05-91168-ГФЕН\_a, 14-05-00091a.

Неоценим вклад наших водителей – Нурдина Ажиканова, Александра Саламахина и др. в получение результатов, изложенных в книге: хороший полевой водитель – это минимум 50% успеха экспедиции! Благодарим наших поваров, которые в трудных полевых условиях не давали нам не только не умереть с голоду, но и частенько баловали нас всяческими вкусами.

## ГЛАВА 1. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

---

### 1.1. АКТИВНЫЕ РАЗЛОМЫ И СЕЙСМОДИСЛОКАЦИИ

К новейшим нарушениям отнесены разломы, активизация которых проявлялась в течение всего или какого-либо временного отрезка новейшего этапа (длительность около 30-35 млн. лет). Для сейсмотектонических представлений бóльший 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; Хромовских и Никонов, 1984, Никонов, 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, разно-масштабные сбросы, которые в одних случаях могут вызываться простыми сотрясениями, а в других - 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.

### 1.2. ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЕ ДАТИРОВАНИЕ

Люминесцентный метод датирует последнюю экспозицию зерен минералов к солнечному свету [Aitken, 1998], иными словами – возраст, указывающий время погребения осадка. В случае деформированных отложений – деформация имела место, когда осадок был в водонасыщенном состоянии близ границы “вода-осадок” и, таким образом, люминесцентные возрасты дают максимальный возраст деформации.

Этот метод датирования использует сигналы, которые накапливаются в минералах как результат естественной ионизирующей радиации и которые обнуляются посредством экспозиции к солнечному свету. После процесса обнуления, сигналы растут как функция времени и окружающей радиации, и, таким образом, могут быть использованы для оценки времени, прошедшего с того момента, когда минерал подвергся транспортировке и погребению [Aitken, 1998].

Пятнадцать образцов для люминесцентного датирования были отобраны из пяти разрезов, четырех – вдоль южного побережья и одного на северном берегу оз. Иссык-Куль. Во всех случаях, датируемые слои сложены очень мелкозернистыми (до тонкозернистых) песками. Образцы обычно отбирались выше и ниже деформированных слоев для того, чтобы оптимизировать охват деформационных событий. Чтобы реконструировать морфологическую эволюцию активных разломов и складок в северо-западном Прииссыккулье, мы отобрали 22 пробы отложений с геоморфологических поверхностей и в траншеях для определения их возраста люминесцентным методом. Образцы собирались под плотным черным тентом из углублений, выкопанных в стенке обнажения, и немедленно помещались в черные светонепроницаемые полиэтиленовые мешки. Вся последующая лабораторная обработка образцов выполнялась под оранжевым неактивным светом.

Лабораторные процедуры в целом соответствовали тем, которые были описаны в [Porat et al., 1999]. Алкалиновые полевые шпаты размером с песчинку (150-177  $\mu\text{m}$ ) и плотностью меньше, чем 2.58 г/см<sup>3</sup>, были отобраны из песка с помощью тяжелой жидкости, эта процедура следовала за просеиванием и растворением карбонатов в 10% растворе HCl. Равные доли по  $\approx 5$  мг отобранных алкалиновых полевых шпатов были помещены на 10-мм алюминиевый диск, с использованием силиконового распылителя в качестве липучего средства. Все измерения проводились на считывающем устройстве RisØDA-12, оборудованном рядом инфракрасных диодов и <sup>90</sup>Sr $\beta$ -излучателем [Bøtter-Jensen et al., 1991]. Эквивалентные дозы были определены по единичной равной доле, дополненные дозовым методом [Duller, 1994], тогда как инфракрасное излучение в интервале 880 нм было использовано для стимуляции.

Величина внешней  $\gamma$ -дозы измерялась в полевых условиях в вырытых углублениях в стенках обнажений, где отбирались образцы. Использовался портативный  $\gamma$ -сцинтиллятор RotemP-11 с двухдвоймовым кристаллом йодистого натрия, откалиброванный для измерения космических лучей [Porat and Halitz, 1996]. Концентрация U и Th в осадках измерялась индуктивным спаренным плазменным масс-спектрометром (ICP-MS) и содержимое K измерялось ICP-эмиссионным спектрометром. Величина внешней  $\alpha$ - и  $\beta$ -дозы рассчитывалась по концентрациям радиоэлементов в осадках. Величина внутренней  $\beta$ -дозы рассчитывалась из содержания K отобранных алкалиновых полевых шпатов. Величина  $\alpha$  0.2  $\pm$  0.05 использовалась для коррекции  $\alpha$ -продуктивности [Mejdahl, 1987; Rendell et al., 1993].

В настоящее время изученные осадки сухие, однако, во время их отложения и до тех пор, пока уровень озера не опустился, отложения были водонасыщенными. Таким образом, для расчета возрастов использовалась величина 15 $\pm$ 5% - средняя оценка времени нахождения осадка в воде. Возрасты рассчитывались с использованием компьютерной программы Age, разработанной R. Grün. Погрешности по отдельным датировкам рассчитывались из погрешностей всех лабораторных и полевых измерений, и они включают неопределенности в полевых данных, аналитические и случайные погрешности.

Величины гамма-дозы были получены двумя путями: а) измерениями в поле и б) расчетами концентраций радиоэлементов. Все величины рассчитывались с учетом 15%-го содержания влажности. В среднем, величины  $\gamma$ -доз, измеренные в поле, на 25% выше, чем величины, рассчитанные по радиоэлементам. Следовательно, возрасты, рассчитанные по полевым замерам, в среднем моложе на  $\sim$ 10%. Мы выбрали для дальнейшего использования молодые возрасты, рассчитанные по полевым замерам, так как измерения  $\gamma$  in situ учитывают местные неоднородности в осадках.

### 1.3. РАДИОУГЛЕРОДНОЕ ДАТИРОВАНИЕ

Для определения абсолютного возраста исследуемых природных объектов радиоуглеродным (<sup>14</sup>C) методом и измерения концентрации <sup>14</sup>C использовались следующие углеродсодержащие материалы: древесина, уголь, торф, палеопочвы, кости и раковины моллюсков. Сам процесс определения содержания <sup>14</sup>C включал в себя следующие стадии:

- химическую очистку образца от “чуждого” углерода (предварительная обработка);
- синтез из исходного образца соединения, пригодного для счета  $\beta$ -активности;
- приготовление сцинтилляционного счетного препарата и измерение его  $\beta$ -активности.

Основной трудностью предварительной обработки образцов для радиоуглеродного датирования является отсутствие универсальных методов, которые могут быть применены ко всем видам исследуемых материалов. Предварительная обработка предназначена для удаления веществ, которые воздействовали на образец во время его постседиментационной истории.

Естественное загрязнение связано с тем, что в природных условиях углеродсодержащие вещества в течение длительного времени подвергаются воздействию почвенных грунтовых вод, содержащих “разновременный” органический и неорганический углерод, углерод атмосферной CO<sub>2</sub>, современных растений, животных, бактерий, грибов. Под воздействием многих факторов в исследуемый объект могут быть внесены соединения, имеющие отличные от первичных изотопные отношения углерода; под влиянием этих соединений истинный возраст образца изменяется. Для образцов, залегающих ниже уровня грунтовых вод, характерен изотопный обмен. Установлено (Olsson et al., 1974; Gupta, Polach, 1985; Arslanov, Svezhentsev, 1993), что чем древнее исследуемый образец, тем большее влияние на “реальный” возраст оказывает процесс изотопного обмена, даже если он в процентном отношении является незначительным.



Органическое “углеродное загрязнение” природных образцов в большинстве случаев вызвано гуминовыми кислотами, циркулирующими в окружающей среде. Эти кислоты принимают активное участие во многих обменных процессах. Другим типом загрязнения может служить перекристаллизация или изотопный обмен карбонатных образцов в процессе постседиментационной обстановки.

Нами применялись два основных вида предварительной обработки: кислотная и щелочная в различных комбинациях.

*Кислотная обработка (декальцинация).* В большинстве случаев органические природные образования, которые в первую очередь пригодны для радиоуглеродного датирования (древесина, древесный уголь, торф), содержат малые количества поглощенных карбонатов, образующихся вследствие просачивания грунтовых вод. По-другому дело обстоит с палеопочвами, которые содержали большое количество карбонатов и ничтожное количество собственно органического материала. Этот карбонатный материал не является одновозрастным и должен быть удален. Для процесса декальцинации образцов палеопочв использовали 10%-й раствор HCl, в котором помещался исследуемый образец и затем нагревался до кипения в течение одного часа. После непрерывной промывки раствор доводился до нейтрального уровня pH. Нерастворимая фракция должна указать первоначальный возраст образца. Растворимая фракция не использовалась для определения возраста.

В случае образцов раковин моллюсков датируемая фракция карбонатного материала может показывать очевидность изотопного обмена или перекристаллизацию. Это вызвано растворением первичного арагонита, который формирует углекислую фракцию и обеспечивает последующую перекристаллизацию карбоната в кальцитовую структуру. Данный процесс влияет на “истинный” возраст, так как в исследуемом веществе могут присутствовать биокарбонаты различного возраста (грунтовых вод или газообразной CO<sub>2</sub>), попадая туда в процессе постседиментационной эволюции вмещающей породы. Исходя из того, что изотопному обмену подвергается внешний слой раковин, их поверхностный загрязненный слой (30 % по весу) удалялся растворением в соляной кислоте. После этого образцы карбонатов тщательно промывались дистиллированной водой и сушились в фольге в муфельной печи при температуре 450 °C в течение двух часов.

*Обработка щелочью.* Имеется два главных типа органических загрязняющих примесей: гуминовые и фульвовые кислоты. Обработка гидроксидом натрия (NaOH) образцов почв, древесины, древесного угля, торфа проводится для удаления гуминового загрязнения. Гуминовые кислоты представляют собой подвижные продукты гниения биологического материала, осаждающегося вблизи материнской породы, вмещающей образец. Они легко заимствуются материалом образца, влияя на его возраст. Гуминовая фракция нерастворима в кислоте, и для избавления от нее используют метод экстракции. В то же время фульво-кислоты являются растворимыми и могут удаляться разбавленной HCl. Наиболее общий метод обработки образцов получил название кислотно-основно-кислотный (ABA, acid-base-acid), часто его называют также кислотно-щелочно-кислотный (AAA, acid-alkali-acid). Этот метод применялся для обработки образцов древесины и костей, кроме образцов палеопочв с низким содержанием органических веществ.

*Синтез соединения, пригодного для счета β-активности.* К носителю активности <sup>14</sup>C в жидко-спинтиллиационном методе (LSC) предъявляются следующие требования: 1) синтезированное органическое вещество должно быть эффективным растворителем жидкого сцинтиллятора; 2) в его молекуле должно содержаться максимальное количество атомов углерода из образца; 3) синтез этого вещества должен проводиться по простой методике с высоким выходом и без изотопного фракционирования.

Обычно в лабораториях LSC носителем активности <sup>14</sup>C применяется бензол (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) из-за его хороших световых трансмиссионных свойств. Для получения бензола из углеродсодержащих соединений нами использовалась система синтеза, разработанная В.М.Скрипкиным (Skripkin, Kovaliukh, 1994).

*Приготовление счетного препарата и измерение его β-активности.* После очистки бензола (с помощью серной кислоты) из него готовился счетный препарат путем добавления сцинтилляционной добавки POPOP и смесителя спектра PPO. Счет активности проводился на β-счётчике TRICARB 3170TR/SL фирмы PERKINELMER. Данный прибор имеет активную систему защиты от внешнего излучения, что позволяет снизить скорость счета фона до 1.0 имп/мин для 3 мл бензола, что в свою очередь повышает показатель качества прибора.

#### 1.4. АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

СТРУКТУРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ: РУИНЫ ДРЕВНИХ ГОРОДОВ КАК ОКАМЕНЕВШИЕ СЕЙСМОСКОПЫ.

Повреждения, наблюдаемые в древних руинах, могут быть вызваны нижеследующими процессами, такими как результат плохой строительной технологии, выветривание с течением времени (статическое повреждение), разрушения вражескими армиями, или результат землетрясений. Распознавание сейсмической природы повреждений посредством преимущественно ориентированного обрушения строительных элементов является обычным методом, применяемым в археологии. Данная глава 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 - определение величины местной сейсмической интенсивности.

Особенности сейсмических повреждений, примененные в данном исследовании к археологическим местам, были предварительно прокалиброваны нами [Корженков, 2006] при исследовании Кочкор-Атинского и Суусамырского землетрясений (оба – в 1992 г, Кыргызстан).

##### МЕТОДИКА АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Повреждения и разрушения от сейсмических воздействий — постоянная угроза, которую следует иметь в виду при строительстве и планировании населенных пунктов. Период инструментальных сейсмологических наблюдений составляет немногим более сотни лет. Однако, для достоверной оценки сейсмической опасности территории и при строительстве крупных инженерных сооружений (например, атомных электростанций) необходима информация о сильных землетрясениях региона за последние 10 тыс. лет. Для решения такой задачи в 80-х — 90-х годах прошлого века, возникло новое научное направление — археосейсмология.

В отдельных случаях очаги сильных землетрясений достигают поверхности, и при этом разрываются и смещаются строительные конструкции [Klinger et al., 2000; Rukieh et al., 2005; Korjenkov et al., 2006]. Такие деформации маркируют эпицентральные зоны на поверхности. По величине и направлению смещения строительных элементов (например, городских стен или акведуков) можно определить кинематические характеристики сейсмического события и рассчитать их численные параметры. Время события определяется по возрасту археологических артефактов и по данным определения абсолютного возраста. Таким образом, сравнительно легко находят ответы на три главных вопроса сейсмологической науки: где, когда и какой силы.

Но подобные случаи выхода сейсмических очагов в пределах древних городов крайне редки. Чаще всего археологи имеют дело с многочисленными деформациями и разрушениями в строительных конструкциях, которые они традиционно приписывают нашествию иноземных армий или добровольному оставлению населенных пунктов местными жителями (например, при изменении местного гидрологического режима). “Обычный” археолог не может отличить деформации и обрушения зданий вследствие военных действий или при статической “мертвой” нагрузки с течением времени и тех, что возникли под воздействием колебаний от сейсмических очагов, расположенных неподалеку. Имеющиеся инструментальные данные и материалы наших полевых эпицентральных обследований современных землетрясений, которые случились в Киргизии в последние годы, обеспечили базу для идентификации особенностей сейсмических повреждений и выделения типов сейсмогенных повреждений в древних городах Ближнего Востока и Средней Азии, Крыма и Кавказа [Korjenkov and Mazor, 1999, 2003, 2005; Korzhenkov and Mazor, 1999, 2014; Mazor and Korjenkov, 2001; Korjenkov and Erickson-Gini, 2003; Korjenkov et al., 2003, 2006; Al-Tarazi and Korjenkov, 2007; Korjenkov and Schmidt, 2009; Корженков и др., 2009; 2013-2016; Винокуров и др., 2015 и др.].

##### СИСТЕМАТИКА СЕЙСМОГЕННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ДРЕВНИХ ГОРОДАХ

Здания, стены и другие конструкции, построенные из обработанных каменных блоков или кирпичей, образуют сеть геометрических линий, составляющих прямоугольники, и позволяют исследователям идентифицировать тип и величину деформаций с точностью в несколько градусов и сантиметров.

Ниже приводится список типов сейсмических разрушений, выявленных при наших работах в Сары-Булунских городищах в Западном Прииссыкулье. *Систематически направленные наклоны и обрушения стен, а также горизонтальное смещение (выдвижение) отдельных частей строительных конструкций* представляют собой результат сильных землетрясений. В таких случаях нижняя часть строительной конструкции смещается вместе с грунтом в направлении соответствующих сейсмических подвижек, в то время как верхние части остаются на месте из-за инерции (рис. 1.4.1, 1.4.2).

Интересным феноменом, также исследованным нами в Сары-Булунских городищах, является дугообразный в плане изгиб стен. Такая деформация возникает при сейсмических движениях, действующих перпендикулярно простиранию стены, центральная часть которой имеет максимальную свободу для колебаний (рис. 1.4.3).

*Разрушение углов зданий* при землетрясениях происходит в результате разнонаправленных колебаний перпендикулярно соединенных стен в различных направлениях (рис. 1.4.4). В результате сейсмических движений на контакте стен различных простираний образуются *длинные трещины*, зачастую на всю высоту стены.

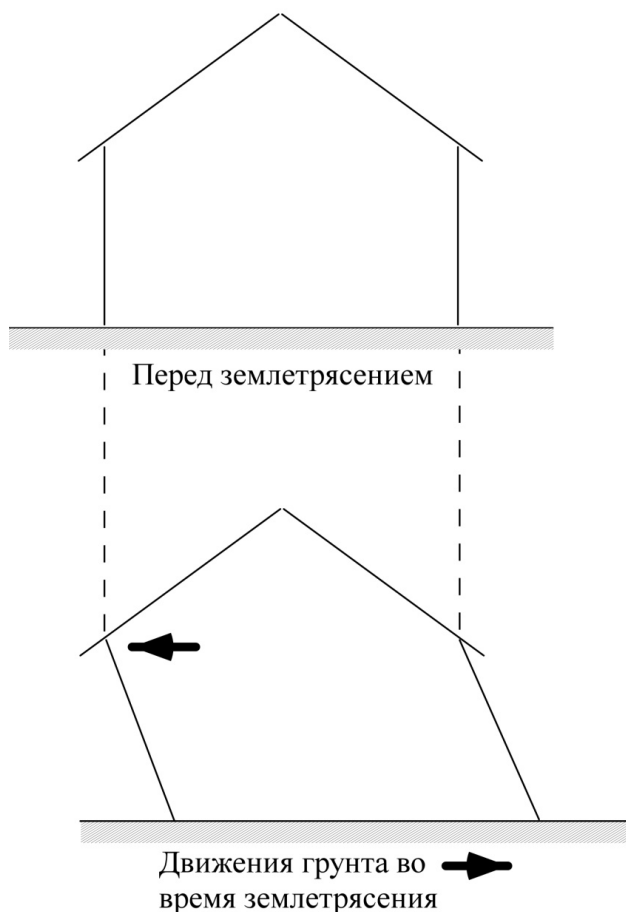


Рис. 1.4.1. Схема деформации здания при сильных землетрясениях по [Rapp, 1986], с изменениями. ▲

Рис. 1.4.3. Деформация стены во время сильных горизонтальных движений грунта. Плановое изображение. Стрелки внизу показывают направление движения грунта. В центре – колебание стены с максимумом в ее центре. Результирующая деформация этих движений – горизонтальный изгиб стены. ►

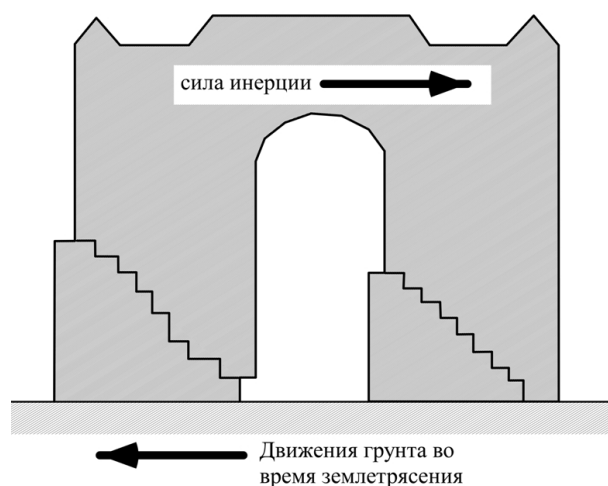
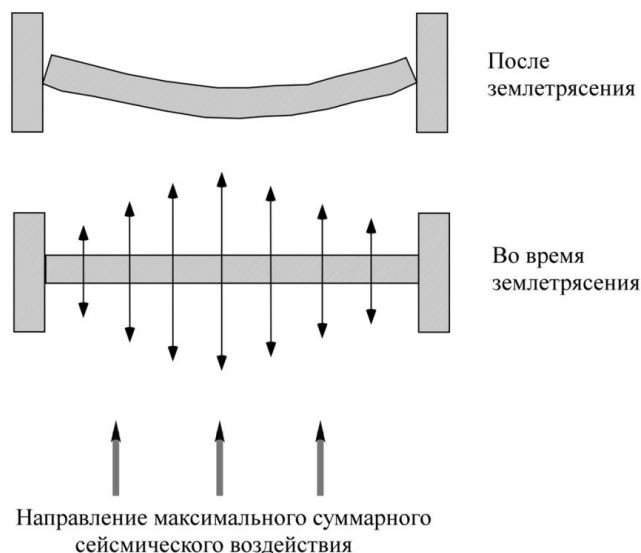


Рис. 1.4.2. Схематическое изображение смещения верхней части памятника на кладбище в селе Бельалды в направлении эпицентра Суусамырского ( $M_S = 7.3$ ,  $I_0 = IX-X$ ) землетрясения в Кыргызстане в 1992 г. ▲



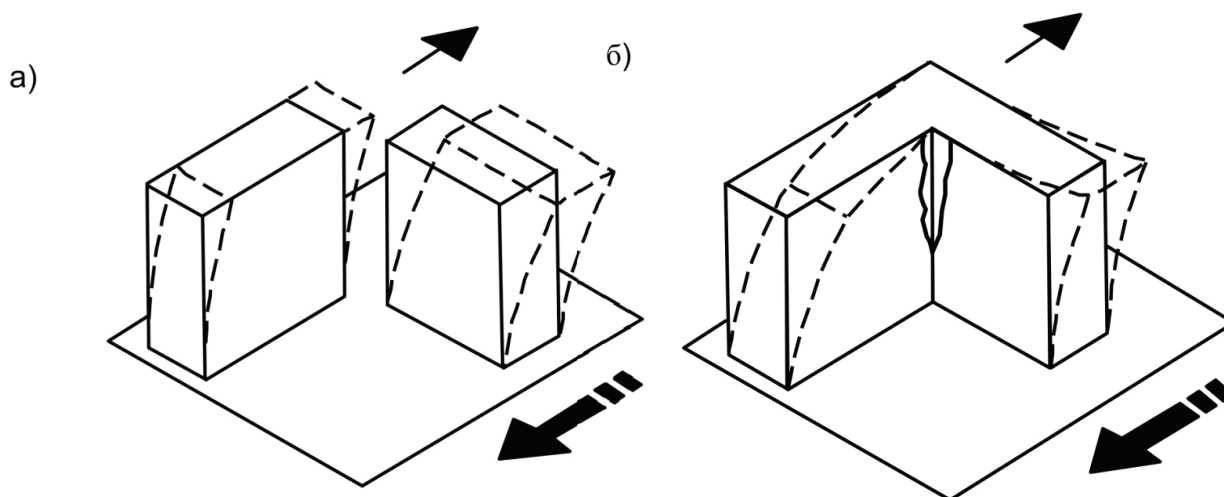


Рис. 1.4.4. Модель деформации углов здания во время сильного землетрясения по [Arnold, 1989] с изменениями. ▲

Свидетельства разрушительного землетрясения в археологическом комплексе становятся тем более очевидными, чем больше выделяется типов и случаев сейсмических повреждений. Обнаруженные сейсмические деформации моложе самих строительных конструкций, но старше последующего ремонта или перекрывающих сооружений.

#### АРХЕО-СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ СРЕДНЕВЕКОВЫХ ПАМЯТНИКОВ ПРИИССЫККУЛЯ НА ВЕЛИКОМ ШЕЛКОВОМ ПУТИ.

Землетрясения - один из природных факторов, которые неоднократно нарушали течение и устои общественной жизни населения разных регионов мира в древности и средневековье. Землетрясения уничтожали города и селения, приводили к экологическим катастрофам, переселениям людей, упадку жизни историко-культурных регионов. Ряд принципиальных вопросов палеогеографии, исторической географии, экономики, общественной и культурной жизни в прошлом можно объяснить или правильно решить с использованием сейсмологических исследований.

Средняя Азия и Казахстан неоднократно подвергались разрушительным землетрясениям, следы которых, в ряде случаев, отмечались в ходе археологических исследований. Также были замечены и меры противодействия разрушительной стихии при строительстве жилых и общественных зданий.

Постепенно вырабатывается методика археосейсмологических исследований археологических памятников, выделяются особенности разрушений древних и средневековых построек именно от землетрясений. Особенности древних сейсмических повреждений были прокалиброваны авторами на материалах изучения разрушений зданий при современных землетрясениях в Кыргызстане. Методика таких исследований успешно использовалась одним из авторов при изучении и реконструкции параметров землетрясений в руинах медной фабрики раннебронзового века в Иордании [Korjenkov and Schmidt, 2009], в Набатийско-Римско-Византийских городах в Израиле и Иордании [Korjenkov and Mazor, 1999a, b, 2003, 2005; 2014; Korzhenkov and Mazor, 1999; Корженков и Мазор, 2001, 2006, 2013; Mazor and Korjenkov, 2001; Korjenkov and Erickson-Gini, 2003; Al-Tarazi and Korjenkov, 2007] и при обследовании средневековых памятников в Германии, Казахстане и Кыргызстане [Korjenkov and Kaiser, 2003; Байпаков и Корженков, 2000; Корженков и др., 2000; 2004, 2005; Korjenkov et al., 2003a, b; 2008] и др.

### 1.5. СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория Северного Тянь-Шаня является одной из наиболее сейсмически активных в Центральной Азии (рис. 1.5.1). Первичные данные о произошедших здесь сильных и разрушительных землетрясениях уходят в глубокое прошлое.

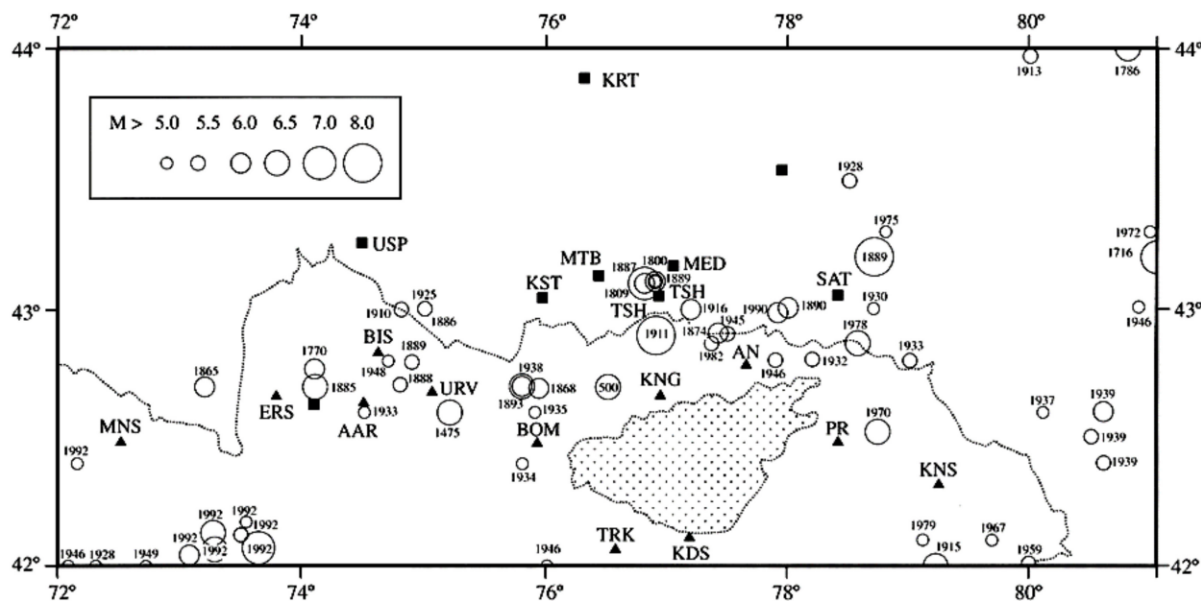


Рис. 1.5.1. Карта эпицентров землетрясений Северного Тянь-Шаня. Данные были любезно предоставлены С. Молдобековой. Черные треугольники – кыргызские сейсмические станции, квадратики – казахские станции. ▲

Сбор и систематизация макросейсмических данных о сильных землетрясениях Северного Тянь-Шаня началась только во второй половине XIX столетия русскими геологами [Мушкетов, Орлов, 1893]. Новая стадия развития макросейсмических исследований в Центральной Азии началась в конце XIX- начале XX столетия [Мушкетов, 1891, 1899; Богданович и др., 1914; Горшков, 1941]. Инструментальные сейсмические наблюдения в этом регионе начались в 1927 г. Начиная с 1950 годов, появилась возможность проведения более регулярных исследований, в связи с началом работы ряда новых сейсмических станций. Детальные данные высокого класса появляются с 1970-х в связи с расширением сейсмической сети на территории Казахстана и Киргизии [Сейсмическое районирование СССР, 1980].

Эпицентральная зона Кебинского землетрясения 3 января 1911 г. была расположена к югу от современного города Алматы. Она имела сейсмическую интенсивность до  $I_0 = X-XI$  баллов на расстоянии первых десятков километров [Богданович, 1911; Велицкий, 1911; Богданович и др., 1914]. По оценке Б. Гутенберга и Ч. Рихтера [1954] это землетрясение было одной из сильнейших катастроф на планете, и оно имело магнитуду  $M \geq 8$  (по шкале Рихтера). Площадь максимальных сотрясений составила около 10000 км<sup>2</sup> (на территории хребтов Кунгей и Заилийский Алатау). В результате этого землетрясения были сформированы системы разрывов общей длиной до 200 км. Землетрясение ощущалось на территории 4000000 км<sup>2</sup>.

Наиболее сильные землетрясения региона имели эпицентральные зоны в пределах центральных частей хребтов Заилийского и Кунгей Алатау. Это означает, что города на Великом Шелковом пути, проходящем вдоль горного фронта Тянь-Шаньских гор, испытывали значительные ускорения грунта во время сильных сейсмических событий. Подобные ускорения (более чем  $g$  во время некоторых сейсмических событий (например, [Омуралиев и др. 1995]) приводили к серьезным или полным разрушениям древних городов, построенных главным образом из глиняных необожженных (саманных) кирпичей.

Таким образом, в нашем распоряжении имеется очень краткий период исторических и инструментальных наблюдений продолжительностью всего 100-200 лет. Однако для оценки повторяемости сильных землетрясений место определения древних эпицентров и оценки их сейсмической энергии необходимо продление каталога научных знаний вглубь веков и даже тысячелетий. Помочь в этом могут методы археосейсмологии и палеосейсмологии [Archaeoseismology, 1996; Palaeoseismology, 1996, 2009].

## ГЛАВА 2. ДОМЕЗОЗОЙСКАЯ ТЕКТНИКА ИССЫК-КУЛЬСКОГО РЕГИОНА В СВЯЗИ С СЕЙСМИЧНОСТЬЮ

---

В настоящее время Иссык-Кульская межгорная впадина представляет собой крупный неотектонический грабен-синклиорий, вытянутый в субширотном направлении и образованный на месте погружения консолидированного докембрийско-палеозойского фундамента (до – 4.5 км) [Геологические..., 1978; Королев, 1956].

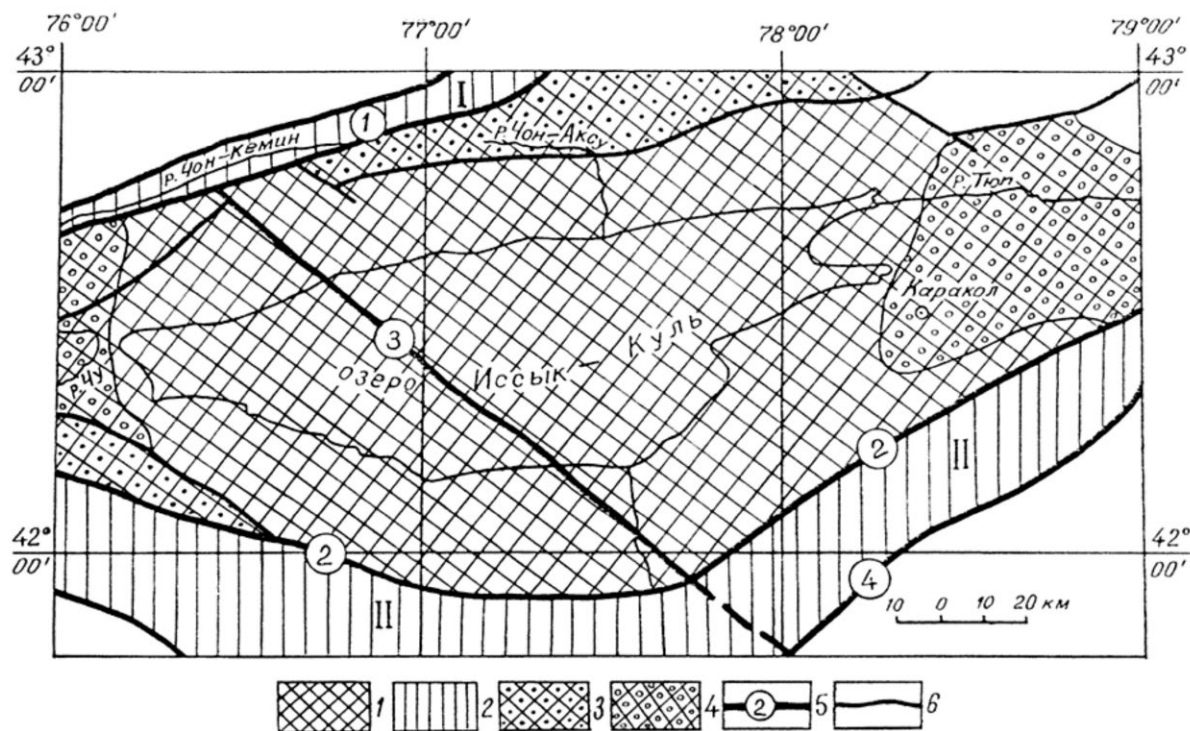
Протяженность впадины - до 260 км при наибольшей ширине в центральной части – 75-80 км. Значительная часть территории занята солоноватоводным озером (общая площадь акватории 6236 км<sup>2</sup>) [Воскресенская, 2007]. Максимальная глубина озера (до 668 м) приурочена к ложбине, расположенной на меридиане с. Бостери. С севера впадина оконтурена системой поднятий Кунгей Ала-Тоо, с юга – Терской Ала-Тоо (рис. 2.1).

В строении домезозойского фундамента Иссык-Кульской впадины и ее горного обрамления участвуют глубокометаморфизованные палеопротерозойские комплексы и осадочно-вулканогенные образования верхнего докембрия-палеозоя, прорванные интрузиями разных стадий развития.

Основными структурными элементами палеозоид являются: Иссык-Кульский срединный массив, Кеминская и Киргизско-Терская каледонские складчатые зоны, раннепалеозойские и эпикаледонские наложенные прогибы (рис. 2.2). Они разграничены разрывными нарушениями различного ранга [Тектоническая..., 1987].



Рис. 2.1. Обзорное космическое изображение Иссык-Кульского региона. ▲



**Рис. 2.2.** Основные структурные элементы палеозоид Иссык-Кульской впадины и ее горного обрамления. 1 - Иссык-Кульский срединный массив, 2 - складчатые зоны (I - Кеминская, II - Киргизско-Терской), 3 - раннепалеозойские (кембро-ордовикские) прогибы на массиве, 4 - эпикаледонские наложенные прогибы герцинской активизации, 5 - порядковый номер и название глубинных разломов (1 - Кеминская система разрывов, 2 - Центрально-Терской, 3 - Транс-Иссыккульский, 4 - "линия Николаева"), 6 - межблоковые разломы. ▲

Основу Иссык-Кульского массива составляет комплекс основания (палеопротерозойский фундамент). Он имеет сложное строение и включает гнейсово-актинолитовые толщи условно архея (возраст 3.5 млрд. лет по циркону) и палеопротерозойские кварцито-сланцевые и карбонатные формации. Последняя цифра характеризует этап карельской стабилизации, то есть время окончательного формирования кристаллического фундамента [Киселев, Королев, 1972; Кнауф, Королев, 1974; Бакиров, Королев, 1979].

Иссык-Кульский массив с севера ограничен системой разрывов Кеминской складчатой зоны (1), а с юга - Центрально-Терской (2) глубинным, долгоживущим разломом, заложившимся в позднем докембрии. В каледонской структуре последний разделяет Иссык-Кульский массив и Киргизско-Терскую складчатую зону. Разлом выражен мощной зоной (до 150 м) дробления и милонитизации пород, претерпел активизацию в каледонское, герцинское и альпийское время, которые сопровождалась в отдельные тектонические эпохи интрузивными и эффузивными проявлениями. Так, участок в восточной части разлома (междуречье Аксу-Джержалан) был заплавлен каледонскими трещинными интрузиями и не подвергнулся переработке при герцинской его активизации. Поверхность сместителя на западном участке разлома наклонена к северу ( $80^\circ$ ), а на восточном - к югу ( $70^\circ$ ).

В восточной части Иссык-Кульского массива в составе архей-палеопротерозойского фундамента рассматриваются мезопротерозойские (?) метатолщи (биотитовые роговики, мраморы, слюдяные сланцы, гнейсы, мигматиты, кварциты) на северном склоне Терской Ала-Тоо. Породы толщи слагают крупные ксенолиты и останцы кровли среди гранитоидных интрузий. Более низкие разрезы толщ кристаллического фундамента выходят в западной части Терской (северо-восточное обрамление Кочкорской впадины и горы Кара-Коо). Низы древних образований (основание не вскрыто) сложены очковыми гнейсами (3000 м), которые постепенно сменяются гранитизированными кварцито-сланцево-карбонатными породами (2500 м). Они сопоставляются с аналогичными по составу и положению в структуре гнейсового фундамента Северного Тянь-Шаня, метапородами палеопротерозойского (?) возраста Кеминского района [Стратифицированные..., 1982].

Выходы древних толщ комплекса основания в виде разновеликих ксенолитов среди протерозойских и каледонских гранитоидов отмечены в центральной части южного склона хребта Кунгей Ала-Тоо. Мощность слюдисто-гнейсовых пород в верховье р. Торуйгыр достигает 1000-1500 м, а в бассейне рек Байсорун и Чет-Урюкты - 350 м. Метаморфические породы домезой-протерозойского фундамента смяты в узкие линейные складки субширотного простирания. Часто микроплойчаты.

Чехольные образования Иссyk-Кульского срединного массива представлены неопротерозойскими и кембро-ордовикскими образованиями. На северном склоне хребта Терскей Ала-Тоо (междуречье Улахол-Турасу) выходят неопротерозойские терригенно-карбонатные толщи, мощностью 1500 м. Они слагают крупную синклиналь субширотного простирания с размахом крыльев около 8 км, длиной 20 км. Падение пластов на северном ее крыле и центриклинами  $50^{\circ}$ - $60^{\circ}$  [Геологические..., 1978].

Нижнепалеозойские (кембро-ордовикские) чехольные образования массива в хребте Кунгей Ала-Тоо выполняют Аксуйский наложенный прогиб. Южной границей прогиба служит Чон-Аксуйский разлом. Западная ветвь разлома в бассейне р. Чон-Аксу сопровождается многочисленными сейсмодислокациями. В прогибе развит полный разрез кембро-ордовика в сокращенных мощностях. Базальты кембрия имеют мощность 0-500 м, а вулканогенно-терригенные образования ордовика - 290-380 м. То есть мощность чехольных образований массива в три-пять раз меньше одновозрастных геосинклинальных толщ. В основной своей массе отложения чехла оказались “съеденными” в процессе внедрения гранитоидов или же эродированы в эпикаледонское время.

Интрузивные образования разных стадий развития (в основном неопротерозойские и каледонские) в пределах Прииссыкулья распространены значительно шире стратифицированных осадочно-вулканогенных пород, занимая 2/3 его площади. Широко распространены неопротерозойские гранитоидные интрузии, магнитная восприимчивость гранитов, которых не превышает  $150 \times 10^{-6}$  ед. СГСН, а у каледонских колеблется в широких пределах – от 300 до  $200 \times 10^{-6}$  ед. СГСН.

Каледонские интрузии образуют крупные массивы в горном обрамлении Иссyk-Кульской впадины. Среди них выделяются ордовикские граниты, гранодиориты и силурийские трещинные интрузии, прорывающие докембрийские и нижнепалеозойские толщи, а местами перекрываются девон-карбонными образованиями. Стратифицированные горные породы, слагающие останцы кровли, в контактовых частях с каледонскими гранитоидами превращены кристаллические сланцы, мигматиты и роговики.

Каледонские складчатые зоны окаймляют Иссyk-Кульский срединный массив с севера и юга и отделены от него глубинными разломами.

Кеминская складчатая зона (и ее продолжение на восток) близко совпадает с долинами рек Чон-Кемин и Чилик, при общей протяженности более 250 км и ширине от 3-7 км до 25 км. Эта зона по системе Чилико-Кеминского глубинного разлома разделяет Муюнкумский и Иссyk-Кульский срединные массивы.

Основной тектонической структурой Кеминской зоны является сужающаяся к юго-западу грабен-синклиналь, заложенная на протерозойском жестком основании. В ее строении принимают участие кембро-ордовикские формационные комплексы: 1 – спилито-диабазовая формация (1000 м); 2 – пестроцветная граувакковая формация, сложенная в основном полимиктовыми песчаниками, мощностью до 2000 м; 3 – песчано-сланцевая формация с широким развитием в ее составе андезитов (до 2000 м). Складчатые структуры низкого порядка в зоне представлены узкими, сжатыми складками, часто опрокинутыми в южном направлении и ориентированными параллельно краям зоны [Нурманбетов, 2014].

Рассматриваем восточную часть Киргизско-Терскейской складчатой зоны. Структурной осью Терскейской зоны является Бурханское поднятие. В ядерной его части выходят сложно-дислоцированные домезопротерозойские метатолщи (2000 м), а крылья сложены мезопротерозойско-нижнепалеозойскими осадочно-вулканогенными толщами, мощность которых с запада на восток меняется от 5000 м до 7500 м [Киселев и др., 1970]. Насыщенность Терскейской зоны интрузивными породами высокая. Они слагают более половины ее территории, в тоже время гранитизация горных пород проявлена здесь слабее, чем в пределах срединного массива.

*Эпикаледонские (герцинские) наложенные прогибы.* В средне-позднепалеозойский этап развития земной коры консолидированные каледониды претерпели активизацию, вызванную геосинклинальными движениями в Южном Тянь-Шане. В Северном Тянь-Шане получили развитие структуры наложенных прогибов, из которых наиболее крупными в Прииссыкулье



являются Тюпский и Восточно-Киргизский. Тюпский прогиб расположен в восточной части Иссык-Кульской впадины. Как синклиальная структура он был заложен в нижнем карбоне [Королев, 1956], в строении которого участвуют ниже-верхнекарбоновые морские и пестроцветные лагунно-континентальные отложения.

В рассматриваемый нами район Западного Прииссыккуля входит восточная часть Восточно-Киргизского наложенного прогиба, который, в целом, представляет собой разбитую на блоки разломами разных направлений, пологую синклиальную структуру (падение пластов на крыльях  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ). Прогиб выполнен средне-верхнепалеозойскими (девон-карбон) осадочно-вулканогенными образованиями (4000 м). С поздними этапами герцинской активизации каледонид Северного Тянь-Шаня связаны проявления локальной интрузивной деятельности. Это различные по величине плутоны, мелкие штоки и дайкообразные тела средне-верхнекарбоновой габбро-монзонит-сиенитовой формации.

*Сейсмичность.* В основных чертах сейсмичность Иссык-Кульского региона отражена в работах детального сейсмического районирования [Геологические..., 1978; Детальное..., 1988; Детальное..., 1993], а также в ряде научных публикаций. Ниже мы приводим краткую характеристику известных сильных сейсмических событий в рассматриваемом регионе и их связь с докембрийскими структурами.

*Кебинское землетрясение* 1911 года (магнитуа  $M = 8.2$ ) связано с одноименной системой разломов, которая разграничивает сужающийся к юго-западу грабен северо-восточного простирания и протяженностью более 100 км. Северная и южная границы грабена - глубинные разрывы, которые с севера разграничивают Иссык-Кульский срединный массив. Его основу составляет комплекс основания - докембрийский кристаллический фундамент.

Данные о глубоком заложении Северо- и Южнокеминских разломов опираются на присутствие в Кеминской зоне герцинских интрузий и геофизические материалы. Гипоцентр катастрофического землетрясения располагается на глубине порядка 25 км, что соответствует границе базальтового и гранитного слоев верхней части земной коры, где зародился его очаг. Эпицентральная (очаговая) зона землетрясения вытянута вдоль Северо- и Южнокеминских разломов и сопровождается прерывистыми участками сейсморазрывных и сейсмогравитационных остаточных деформаций [Нурманбетов, 2014].

Эпицентр *Жаланаиш-Тюпского землетрясения* 1978 года ( $M = 6.7$ ,  $I_0 = VIII$  баллов,  $H = 20-30$  км) находится в восточной части хребта Кунгей Ала-Тоо. В новейшей структуре землетрясение приурочено к сводовой части Восточно-Кунгейской мегантиклинали. Здесь наблюдаются отчетливые следы оживления палеозойских разрывов, которые рассматриваются как звенья краевого разлома, ограничивающего структуры Иссык-Кульского срединного массива.

Гипоцентр основного толчка и гипоцентры афтершоков образуют непрерывную цепочку по восстанию краевого разлома. То есть структурную основу Жаланаиш-Тюпского землетрясения составляет палеозойский краевой разлом, движения по которому возобновились в современную эпоху [Жаланаиш-Тюпское..., 1981].

*Сарыкамышское землетрясение* 1970 года ( $M = 6.8$ ,  $I_0 = VIII$  баллов,  $H = 20$  км) произошло на востоке хребта Терскей Ала-Тоо [Джанузаков, Ильясов, 1973]. В его эпицентральной зоне изучены многочисленные остаточные деформации горных пород.

В новейшей структуре района рассматриваемое землетрясение приурочено к зоне контрастного сочленения новейших поднятий хребта Терскей Ала-Тоо и области прогибаний Иссык-Кульской впадины, где проходит Предтерскейский разлом.

В соответствии с макросейсмическими и инструментальными данными эпицентр Сарыкамышского землетрясения расположен в долине р. Джергес и приурочен к узлу сочленения древних разломов северо-восточного и северо-западного направлений. Эти разрывы несут следы подновления молодыми движениями. Гипоцентр землетрясения и его очаговая зона находятся в пределах гранито-гнейсового слоя, составляющего основу каледонского срединного массива. Таким образом, место возникновения Сарыкамышского землетрясения связано с элементами новейшей структуры, а направление разрядки современных напряжений обусловлено внутренним строением деформируемой среды, созданной еще в палеозое [Кнауф и др., 1981].

Следует отметить, что на сейсмичность Иссык-Кульского региона определенное влияние оказывал Транс-Иссыккульский (3) разлом, который служит границей раздела разнохарактерных по сейсмичности тектонических блоков докембрийского фундамента. Геоблоки в восточной от разлома характеризуются сравнительно высокими показателями удельной сейсмической мощности. В их пределах произошли - 8-ми балльное Жаланаиш-Тюпское (1978 г.) и 7-ми балльные Байсоорунское (1992 г.), Тюпское (1932 г.), Чолпон-Атинские (1982 г., 1988 г.) землетрясе-

ния на северо-северо-востоке и 8-ми балльное Сарыкамышское землетрясение на юго-востоке Иссык-Кульской впадины. А в южной части Западного Прииссыккуля зафиксированы 7-ми балльное Каджисайское (2014 г.) и 6-ти балльные Каджисайские (1980-1981 гг.), Барскаунские (1965 г., 1979 г.) землетрясения [*Нурманбетов, 1912*].

Обобщая тектонику домезозойских образований Иссык-Кульского региона в связи с сейсмичностью можно сделать следующие выводы:

1. Структурно-вещественные особенности домезозойского фундамента определяют строение и свойства (состав) той реальной геологической среды, в которой возникают очаги землетрясений под воздействием современных тектонических напряжений и распространяются сейсмические колебания;
2. Тектонические блоки стабильного Иссык-Кульского массива оказались сейсмически более “энергоемкими” для возникновения землетрясений сравнительно высокого уровня;
3. Анализ пространственного размещения сильных землетрясений в рассматриваемом регионе показывает, что последние тяготеют к граничной части жесткого массива и складчатой зоны.

## ГЛАВА 3.

**МЕЗОЗОЙ-КАЙНОЗОЙСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ**

Борта Иссык-Кульской впадины (хребты) сложены протерозойскими и палеозойскими глубоко-метаморфизованными, осадочными и магматическими породами, быстро погружающимися на значительную глубину (-4.5 км) и уступающими место более молодым образованиям – покровная часть (чехол). Отложения покрова, заполняющие впадину, разделяются на два комплекса: континентально-терригенный, соответствующий платформенному этапу развития региона в мезозое и палеогене, и (также континентально-терригенный) молассовый, образованный в новейшем орогеническом этапе на протяжении позднего олигоцена, неогена и четвертичного времени [Геологические..., 1978; Шульц, 1954].

Мезозойские отложения имеют весьма ограниченное распространение: узлокальные по площади выходы в южной и восточной частях впадины (долины рек Каджи-Сай, Согутты, Джеты-Огуз, Джергез, Джергалан). Они приурочены к одностороннему грабену, сформировавшемуся вдоль Предтерской краевой разлома в заключительную стадию герцинского тектогенеза [Геологические..., 1978]. Представлены песчано-глинистой толщей пестроцветной окраски с прослоями углей; мощность от 100-150 м до 405 м. В них собраны многочисленные палеорастиельные остатки [Генкина, 1966; Турутанова-Кетова, 1931]. По времени формирования данные накопления относятся к позднему триасу (норийский и рэтский ярусы) и ранней юре (лейас) [Геология..., 1972].

Меловые отложения на территории Иссык-Кульской впадины не обнаружены, но ряд геологов нижние горизонты чонкурчакской и коктурпакской (сулутерекской) свит, которые, в основном, сформировались в палеогеновое время, относят к позднемеловым накоплениям (табл. 3.1) [Геологические..., 1978; Григина, Фортуна, 1981; Детальное..., 1993; Корженков, Фортуна, 2002; Сикстель, 1934; Фортуна, Лемзин, 1988; Шульц, 1954]. Палеоген-неогеновые отложения на дневной поверхности образуют разрозненные выходы, из которых довольно значительные находятся в Южном Прииссыккулье и на востоке впадины [Фортуна и др., 2010; 2011]. Они хорошо обнажены или вскрыты многочисленными скважинами глубокого бурения; залегают в основном на палеозойском фундаменте, редко – на нижнемезозойских породах (рис. 3.1; 3.2). Для их стратификации было предложено несколько схем, каждая из которых “опирается” на свой стратотип, находящийся в разных районах депрессии (табл. 3.1).

Формирование позднемеловых-палеогеновых отложений происходило в условиях начавшейся в это время высотной дифференциации эпигерцинского щита, в результате которой стали закладываться синклиналильные мульды и антиклиналильные поднятия. Последние выступали в рельефе в виде широтно вытянутых увалистых возвышенностей высотой до 600-700 м [Трофимов, 1994]. Тектонические движения происходили на фоне платформенного развития региона.

В северном и юго-западном обрамлении впадины в основании мел-палеогеновых разрезов (сулутерекская, коктурпакская свиты) почти повсеместно присутствует слой (6-10 м) светло-серых или кремовых известняков; выше залегают красноцветные средне-мелкозернистые песчаники, глинистые паттумы, перекрытые более грубыми песчано-глинистыми загипсованными отложениями; мощность от 20-30 м до 100-120 м [Вертунов, 1969; Фортуна, Джумабаева, 2011]. Окраска пород, их состав и текстурно-структурные особенности свидетельствуют о том, что они являются продуктом переотложенной мезозойской коры выветривания, источником сноса которой служили мелкосопочные возвышенности, окружавшие впадину (зачатки современных горных сооружений). В наиболее тектонически активных участках (Торуайгыр, Бугумюз, Тоссор) вблизи разломов глубокого заложения встречаются покровы базальтов мощностью от 1-2 м до 30 м - долины рек Туруайгыр и Бугумюз [Лемзин, Фортуна, 2006; Sobel, Arnaud, 2000]. Абсолютный возраст вулканических пород колеблется от 52 до 56±3 млн. лет [Габуня и др., 1975; Крылов, 1960; Симонов и др., 2005; Thomas et al., 1993]. В отложениях свит обнаружены остатки палеофауны [Дмитриева и Несмеянов, 1982; Жуков, 1970; Несмеянов и др., 1977; Тарасов, 1964; Erfurt et al., 1999] и выделены спорово-пыльцевые комплексы [Григина, Фортуна, 1981; Fortuna, Erfurt, 2006], позволяющие датировать вмещающие породы как поздний мел - эоцен.

Таблица 3.1. Схемы стратиграфии кайнозойских отложений Иссyk-Кульской впадины

Система	Отдел	Подотдел	С.С.Шульц, [1954]	К.Д. Помазов, [1962]	Геология СССР т. XXУ, Киргизская ССР [1972]		В.М. Язовский, [1978, 1979]					
			Юго-восточная часть	Южная часть	Западная часть	Восточная часть	Джетыогоузский разрез	Согутинский разрез	Торуайгырский разрез			
Q	Q <sub>1</sub>		Тяньшанский орогенетический комплекс	Шарпылдакская свита	Четвертичные отложен.	Шарпылдакская свита						
						Шарпылдакская свита						
Неогеновая	Плиоцен	поздний	Тяньшанский орогенетический комплекс	Шарпылдакская свита	Иссык-кульская свита с тремя подсвитами	Шарпылдакская свита	Джуукинская свита	Иссык-кульская свита с тремя подсвитами	Джуукинская свита	Иссык-кульская свита с двумя подсвитами	Чуйская свита с двумя подсвитами	
									Согутинская свита			
									Согутинская свита			
									Согутинская свита			
Неогеновая	Миоцен	средний	Тяньшанский орогенетический комплекс	Джуукинская свита	Иссык-кульская свита с двумя подсвитами	Согутинская свита	Иссык-кульская свита с тремя подсвитами	Джетыогоузская свита с двумя подсвитами	Шамсинская свита с двумя подсвитами	Шамсинская свита с двумя подсвитами	Шамсинская свита с двумя подсвитами	
												Согутинская свита
												Согутинская свита
												Согутинская свита
Неогеновая	Миоцен	нижний	Тяньшанский орогенетический комплекс	Джуукинская свита	Иссык-кульская свита с двумя подсвитами	Согутинская свита	Иссык-кульская свита с тремя подсвитами	Джетыогоузская свита с двумя подсвитами	Шамсинская свита с двумя подсвитами	Шамсинская свита с двумя подсвитами	Шамсинская свита с двумя подсвитами	
												Согутинская свита
												Согутинская свита
												Согутинская свита
Палеогеновая	Олигоцен		Киргизский красноцветный комплекс	Джеты-огузская свита	Коктурпакская свита	Коктурпакская свита	Коктурпакская свита	Чонкурчакская свита	Сулутерекская свита	Сулутерекская свита	Сулутерекская свита	
												Согутинская свита
												Согутинская свита
												Согутинская свита
Палеогеновая	Эоцен		Киргизский красноцветный комплекс	Джеты-огузская свита	Коктурпакская свита	Коктурпакская свита	Коктурпакская свита	Чонкурчакская свита	Сулутерекская свита	Сулутерекская свита	Сулутерекская свита	
												Согутинская свита
												Согутинская свита
												Согутинская свита
Палеогеновая	Палео-оцен		Киргизский красноцветный комплекс	Джеты-огузская свита	Коктурпакская свита	Коктурпакская свита	Коктурпакская свита	Чонкурчакская свита	Сулутерекская свита	Сулутерекская свита	Сулутерекская свита	
												Согутинская свита
												Согутинская свита
												Согутинская свита
Верхний мел			Киргизский красноцветный комплекс	Джеты-огузская свита	Коктурпакская свита	Коктурпакская свита	Коктурпакская свита	Чонкурчакская свита	Сулутерекская свита	Сулутерекская свита	Сулутерекская свита	
												Согутинская свита
												Согутинская свита
												Согутинская свита



Рис. 3.1. Карта выходов палеоген-неогеновых отложений на территории Иссyk-Кульской впадины (масштаб 1:200 000). Составители: В.М.Язовский, А.Б.Фортуна. 1- сулутерекская свита (K<sub>2</sub>? – P<sub>g2</sub>), 2 – чонкурчакская свита (K<sub>2</sub>? – P<sub>g3</sub>), 3 – шамсинская свита (P<sub>g3</sub> – N<sub>1</sub>), 4 – джетыогоузская свита (P<sub>g3</sub><sup>3</sup> – N<sub>1</sub>), 5 – чуйская свита (N<sub>2</sub>), 6 – согутинская свита (N<sub>2</sub><sup>1</sup>), 7 – джуукинская свита (N<sub>2</sub><sup>2</sup>), 8 – шарпылдакская свита (N<sub>2</sub><sup>3</sup> – Q<sub>1</sub>), 9 – домезозойские отложения, 10 – базальты, 11 – разрывные нарушения ▲

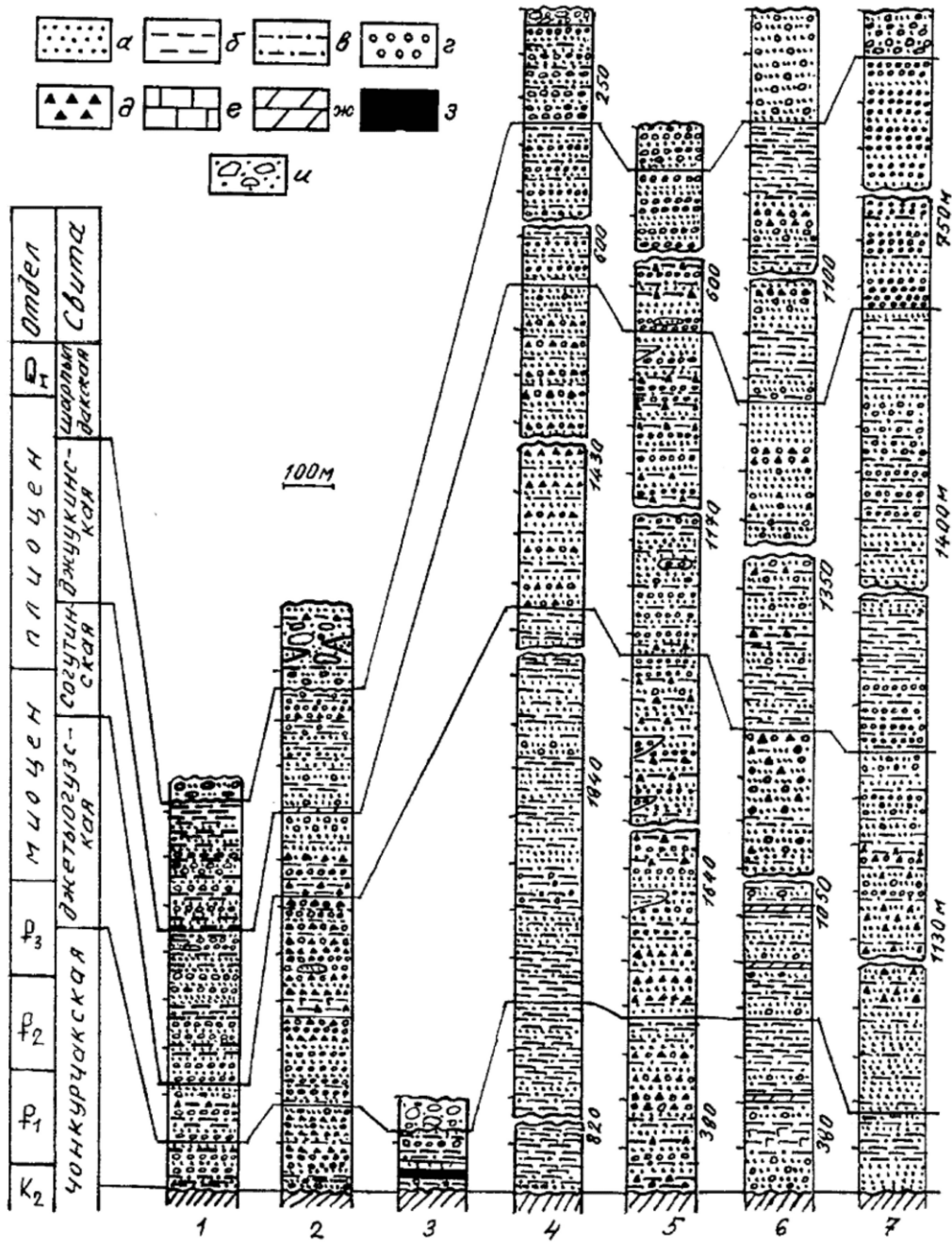


Рис. 3.2. Разрезы палеоген-неогеновых отложений Иссык-Кульской впадины: 1- горы Кызыл-Чоку, 2- долина р. Сугетты, 3- долина р. Бугумюз, 4- скважина Шалба, 5 – долина р. Джеты-Огуз, 6 – скважина Тосма-1, 7 - скважина Ново-Вознесенка. Условные обозначения: а – песчаники, б – глины, в – алевролиты, з – гравелиты, д – брекчи, е – известняки, ж – мергели, з – базальты, и – валунно-галечные отложения. ▲

В южном и восточном обрамлении впадины аналоги чонкурпакской (сулутерекской) свиты выделены в чонкурпакскую свиту, сформировавшуюся в конце доорогенного и начальную стадию орогенного этапов. Она сложена красноцветными глинистыми песчаниками и глинами с примесью щебня, гравелитов и конгломератов; мощность от 5 м до 600-700 м. Базальные горизонты представлены белесыми и розоватыми известковистыми конгломератами мощностью до 25 м. Возраст чонкурпакской свиты (поздний мел-ранний олигоцен) обосновывается её стратиграфическим положением и спорово-пыльцевыми комплексами [Григина, Фортуна, 1981].

Олигоцен-плиоценовые молассовые отложения - тяньшаньский орогенический комплекс, подразделяются на два подкомплекса, которые сформировались в стадию эпиплатформенного орогенеза. Нижний подкомплекс охватывает позднеолигоценное - миоценовое время. Его отложения повсеместно представлены красно-бурыми и бурыми ритмично переслаивающи-

мися массивными горизонтами из мелко- и среднеобломочных брекчий и гравелитов. На северном, западном и юго-западном бортах впадины эти отложения объединены в киргизскую (шамсинскую) свиту, мощностью от 50-60 м до 1500 м; на южном и юго-восточном – в джетыгузскую свиту, мощностью до 1600 м [Геологические..., 1978; Ибрагимов, Талипов, 1965]. Возраст свит определяется их стратиграфическим положением, фаунистическими находками и спорово-пыльцевыми данными [Дмитриева, Несмеянов, 1982; Рябинин, 1927; Турбин и др., 1972; Фортуна, 1971].

Верхний подкомплекс сформировался в плиоценовое время; породы его имеют буровато-палевую, палевую окраску, переходящую в верхней части разреза в палево-серую. Состав отложений – мелкоземистый материал, пролювиально-аллювиального и озерно-дельтового генезиса (переслаивающиеся средне- и мелкозернистые песчаники, алевролиты, аргиллиты; мощность от 600 м до 1700 м. Толща подкомплекса стратифицирована на чуйскую, согутинскую, джуукинскую и иссык-кульскую свиты, формировавшимися в разных частях впадины (табл. 3.1). В отложениях свиты собраны фаунистические, растительные макро- и микропалеоостатки плиоценового возраста [Азыкова, 1970; Беляева, Курдюков, 1963; Дмитриева, Несмеянов, 1982; Кузнецов и др., 1964; Сикстель, 1934; Стрельцов, Степанов, 1979]. Абсолютный возраст верхних горизонтов джуукинской свиты по данным термолюминесцентного анализа равен 1.5-2.0 млн. лет [Разрез..., 1971].

В связи с орогеническими движениями, начавшимися в олигоценное время и продолжавшимися в миоцене, впадина начала интенсивно прогибаться и заполняться материалом, сносимым с растущих хребтов. Плиоценовая эпоха отменилась новым вертикальным ростом поднятий и прогрессирующим прогибанием ложа впадины – формируется водный бассейн (родоначальник современного озера Иссык-Куль), зарождение которого началось в юго-восточной части впадины в позднемиоценовое время [Григина, Фортуна, 1981; Трофимов, 1994]. Разрез неогеновых моласс венчает толща грубообломочных конгломератов и брекчий серого цвета, объединенных под названием “шарпылдакская свита” позднеплиоцен-раннечетвертичного возраста; мощность до 200 м [Геологические..., 1978]. Накопление данных пород происходило в условиях значительных изменений физико-географической обстановки – мощные орогенические процессы и планетарное похолодание климата. Растущие хребты начинают поставлять во впадину в огромном количестве грубообломочный материал. Палео-Иссык-Куль концентрируется в центре депрессии, он становится бессточным (происходит замыкание горного обрамления), воды его начинают осолоняться. На склонах горных сооружений формируется вертикальная климатически-растительная поясность [Григина, Фортуна, 1981; Костенко, 1978; Шумова, 1989].

Таким образом, в геологическом развитии Иссык-Кульского региона на протяжении мезозой-кайнозойского времени выделяется ряд этапов:

1. поздне меловой- олигоценный: платформенный режим рельефа, зарождение впадин и поднятий (формирование нижней части киргизского красноцветного комплекса);
2. олигоцен-миоценовый: дифференцированные тектонические движения, вызвавшие углубление депрессии и рост горных сооружений (формирование верхней части киргизского красноцветного комплекса и нижней части тянь-шаньского орогенического комплекса) плиоценовый: активизация орогенического тектогенеза (средняя часть тянь-шаньского орогенического комплекса)
3. позднеплиоценовый - плейстоценовый: увеличение роста хребтов и прогибания впадины (верхняя часть тянь-шаньского орогенического комплекса).

## ГЛАВА 4.

## ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЫ В КАЙНОЗОЕ

Территория озера Иссык-Куль является тектонической рамповой впадиной (рис. 4.1), ограниченной конвергентными взбросами [Чедия, 1993]. На севере Иссык-Кульская впадина ограничена хребтом Кунгей Алатоо и рядом кулисно подставляющихся взбросов: (с запада на восток) Тогуз-Булакским, Культорским, Аксуйским и Талды-Булакским. Хребет Терскей Алатоо ограничивает впадину с юга вдоль зоны Предтерскейского разлома. Олигоцен, миоцен и плиоцен совпадают с эрой интенсивного орогенического поднятия, отмеченного огрубляющимися вверх по разрезу осадками мощностью 4000 м [Фортуна, 1993], относящимися к киргизской, иссык-кульской и шарпылдакской свитам. Четвертичные накопления включают широкий спектр отложений от тонких озерных глин до гигантских моренных глыб. Максимальная мощность кайнозойских отложений в Иссык-Кульской впадине достигает 5000 м.

Озеро в Иссык-Кульском внутригорном бассейне существует с раннеэоценовой эпохи [Воскресенская, 1983]. Озеро в его современном виде существует со среднего плейстоцена, приблизительно 700 тыс. лет. Его максимальный уровень был 1675-1680 м над у.м. [Трофимов, 1990]. В настоящее время, наиболее высокий возможный уровень озера, перед тем как его воды начнут переливаться в Боомское ущелье по направлению к Чуйской долине составляет 1620 м. В голоцене уровень воды в Иссык-Куле опускался до отметки 110 м ниже его современного уровня, на что указывают подводные береговые террасы, затопленные речные каньоны, сеть речных русел и затопленные населенные пункты [Бондарев, 1983].

Впоследствии, в первой половине XIX века уровень озера поднимался до 1622 м. С этого времени уровень озера постепенно опускается до его современной отметки 1606 м. Колебания уровня озера связаны с климатическими изменениями, наложенными на активные тектонические движения во впадине и ее горном обрамлении [Григина, Фортуна, 1981].

Отступающий озерный уровень выработал уступ на абсолютной высоте 1620-1640 м. Уступ сложен переслаивающимися аллювиально-пролювиальными и озерными осадками. Большое количество галечно-песчаных береговых валов простираются от основания уступа вниз до современной береговой линии, отражающей последнюю стадию снижения уровня озера.

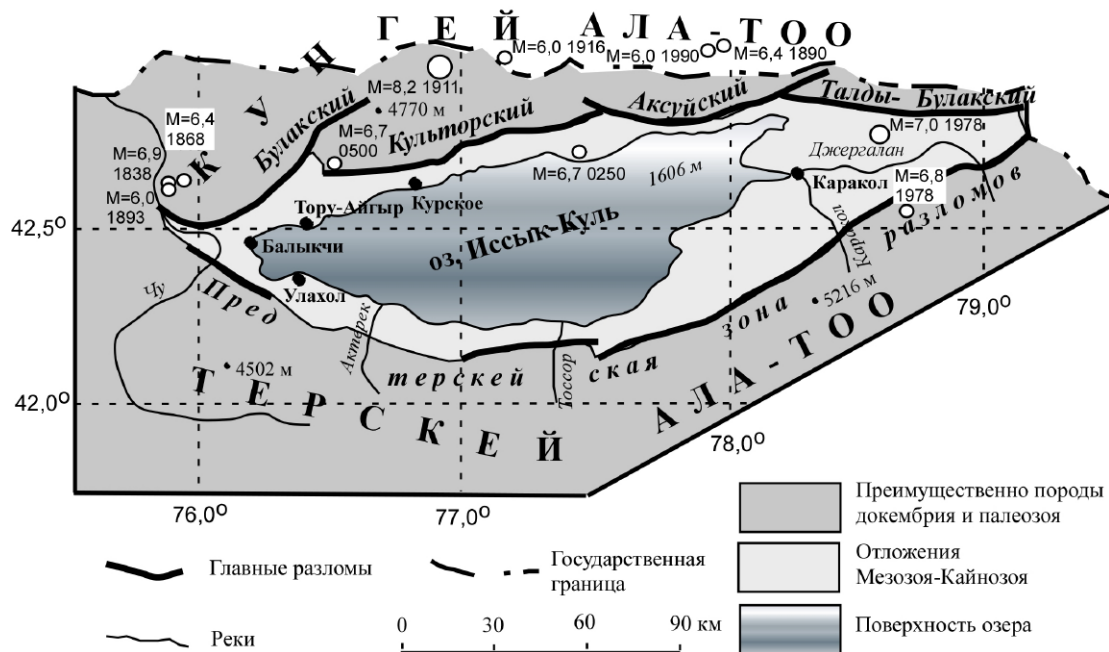


Рис. 4.1. Структурное положение озера Иссык-Куль и его бассейна. Белые кружки - эпицентры сильных землетрясений. Указаны год и магнитуда сейсмического события ▲

Современная сильная сейсмическая активность описываемого региона не вызывает сомнений. Так, например, имеются научные описания сильного Кебинского землетрясения (1911 г.,  $M_S = 8.2$ ) [Богданович и др., 1914], а также исторические данные о землетрясении 500 г. н. э., с магнитудой около  $M = 7$  [Джанузаков и др., 2003]. Информация о более древних сильных толчках отсутствует. Однако имеется потребность продолжить поиск информации о сейсмической активности региона вглубь тысячелетий. Она необходима для оценки энергии, места и времени сильных землетрясений. Палеосейсмодислокации могут служить надежным источником информации для определения времени, а значит и повторяемости сильных землетрясений в голоцене, четвертичное и неогеновое время.

Для оценки повторяемости сильных землетрясений на определенной территории необходим комплекс сейсмогеологических данных. Данные, полученные с помощью современной инструментальной сейсмической сети, должны быть дополнены историческими сведениями и данными по палеосейсмодислокациям. В последнем случае наиболее важным и критическим параметром является абсолютный возраст слоев, нарушенных сейсмическим разрывом. Проходка траншей через сейсмоуступы и датировка слоев методами определения абсолютного возраста (например, по  $C^{14}$ ) широко используется в мире. При отсутствии данных подобного рода, приходится прибегать к различным относительным оценкам, использованию косвенных методов.

В пределах Иссык-Кульской впадины и ее горного обрамления распространены многочисленные сейсмодислокации сейсмостектонического 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-Терскейская зоны сейсмодислокаций.

*Южно-Кунгейская зона сейсмодислокаций*, выделенная Ч.У. Утировым [1993], включает 7 участков, вытянутых вдоль разломов, оконтуривающих с юга мегантиклиналь и хребет Кунгей Ала-Тоо. Четыре участка сейсмодислокаций было выделено упомянутым исследователем вдоль Северо-Терскейской зоны. Нашими исследованиями были выявлены новые, неизвестные ранее, участки сейсмодислокаций, которые мы также нанесли на карту Ч.У. Утирова (рис. 5.1.), но дали им буквенные обозначения. Описание же участков, сделанные старейшим киргизским исследователем, были нами в значительной степени дополнены и переработаны.

Участки сейсмодислокаций №№ 1-7, принадлежащие к Чилико-Кеминской сейсмогенерирующей зоне, не локализованы на территории Иссык-Кульской впадины и ее горного обрамления и, поэтому, здесь не описываются. Наши результаты их изучения можно найти в статьях: Чедия и Корженкова [1997], Chediya et al. [1998], Arrowsmith et al. [2004, 2005, 2007], Эрроусмита и др. [2012] и др. и в книгах А.М. Корженкова [2006]; Korjenkov et al. [2006]. В данной работе ниже приводится описание сейсмодислокаций в пределах Иссык-Кульской межгорной впадины.

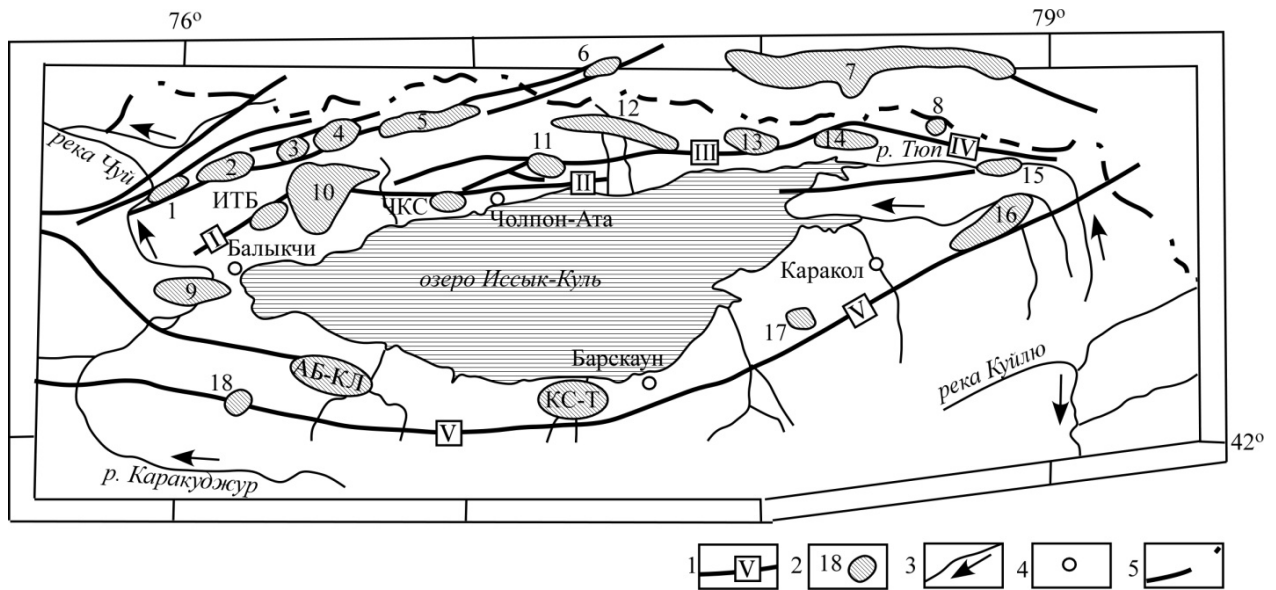
### **5.1 Сейсмодислокации в долине реки Иири-Талдыбулак**

*(ИТБ на рис. 5.1)*

#### **ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ**

Вынесенные в заголовок дислокации связаны с развитием зоны Тогуз-Булакского краевого разлома, отграничивающего домезозойские породы хребта Кунгей Ала-Тоо и кайнозойские отложения на СЗ Иссык-Кульской впадины. Наши исследования Тогуз-Булакского разлома показали, что этот дизъюнктив не является активным в четвертичное время на всем своем протяжении. Так, в восточной своей части - в бассейне р. Тору-Айгыр поверхность среднечетвертичной террасы, пересекая зону разлома, не испытывает никаких деформаций [Корженков, 2000]. В то же время, в западной части разлома - в долине р. Тогуз-Булак Дж. Селендером





**Рис. 5.1.** Карта сейсмодислокаций Иссык-Кульской впадины и ее горного обрамления (составлена на основе материалов Ч. У. Утирова [1993] с изменениями и дополнениями). *Условные обозначения:* 1 – главные разломы впадины (латинскими цифрами обозначены краевые разломы), 2 – участки сейсмодислокаций (арабскими цифрами обозначены участки, выделенные Ч. У. Утировым, буквами – впервые выявленные и исследованные нами), 3 – реки (стрелка показывает направление течения), 4 – населенные пункты, 5 – государственная граница. *Краевые разломы:* I – Тогуз-Булакский, II – Культорский, III – Аксуйский, IV – Талды-Булакский, V – Предтерекский. *Участки сейсмодислокаций:* 1 – Кемино-Чуйский, 2 – Новороссийский, 3 – Колькогурский, 4 – Джая-Джиндысуйский, 5 – Коксуйский, 6 – Западно-Чиликский, 7 – Восточно-Чиликский, 8 – Корулдинский, 9 – Кызыл-Омпульский, 10 – Торуайгырский, 11 – Туюкдарский (Комсомольский), 12 – Чонаксуу-Аксуйский, 13 – Урюктинский, 14 – Курментинский, 15 – Тасминский, 16 – Джергаланский, 17 – Кызылсуйский, 18 – Улахольский, ИТБ – Иири-Талдыбулакский, ЧКС – Чет-Койсуйский, КС-Т – Каджисаз-Тоссорский, АБ-КЛ – Алабаш-Конурленгский.▲

[Selander, 2008] по смещениям поверхности позднечетвертичной террасы была измерена левосдвиговая компонента до 120 м. Таким образом, величина подвижек по Тогуз-Булакскому разлому уменьшается в восточном направлении, а тектоническая и сейсмическая активность переходит к разрывам, расположенным к югу – в осадочном чехле Иссык-Кульской впадины.

Нами были проведены детальные полевые исследования в долине р. Иири-Талдыбулак. Эта долина привлекла наше внимание не случайно. Именно здесь находятся высокие адыры (предгорья Талды-Булак) хребта Кунгей Ала-Тоо, развитые к югу от Тогуз-Булакского краевого разлома. Эти адыры сложены коренными, палеозойскими образованиями. Южные крылья адыров Талды-Булак оборваны разрывами. Вдоль этих дизъюнктивов развиты отчетливые сейсмоуступы (рис. 5.1.1 и 5.1.2).

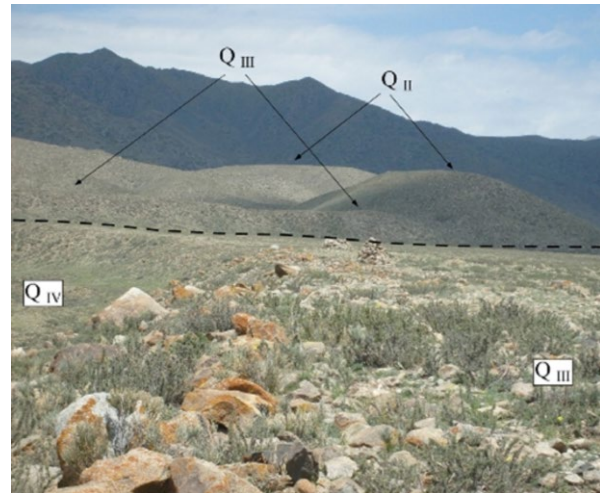
Нами была проведена детальная топографическая съемка районов развития сейсмоуступов, рвущих позднеплейстоценовые и голоценовые аллювиальные поверхности в среднем течении долины р. Иири-Талдыбулак (рис. 5.1.3). Данная съемка позволила точно определить высоты смещения аллювиальных террас. Высокая пойма по южному разрыву смещена на 2.66 м (профиль А-Б на рис. 5.1.4), позднеголоценовая терраса смещена на 6-8 м (профили В-Г, Д-Е на том же рисунке), позднечетвертичная терраса смещена на 18 м (профиль Ж-З на рис. 5.1.4) и среднетчетвертичная терраса смещена на 60 м (судя по детальной топографической карте).

Для определения возраста последней активизации по вышеописанным разрывам, нами были пройдены шурфы в телах, образованных ими сейсмоуступов (рис. 5.1.4). Пробы органических остатков отбирались в нижних частях почвы для определения их абсолютного возраста радиоуглеродным методом (рис. 5.1.5).

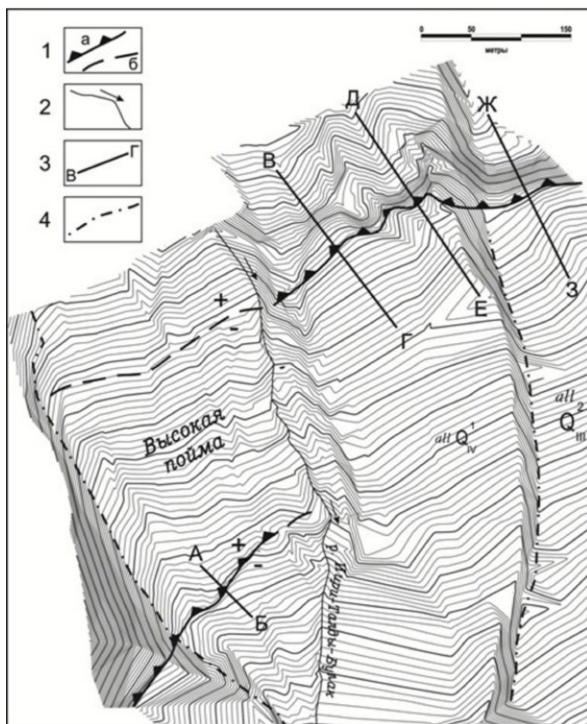
Сначала остановимся на рассмотрении южного уступа, пересекающего высокую пойму на правом склоне реки Иири-Талдыбулак. Его GPS координаты в месте отбора нами проб таковы: абс. высота 2112 м, широта 42° 34' 06.6", долгота 76° 15' 40.5". Возраст этой разорванной поверхности определяется нами по возрасту пробы, отобранной в подошве сейсмоуступа (СОАН-7760). Важно отметить, что к югу от подошвы уступа находятся остатки стены загона (рис. 5.1.5 Б). Ее возведение привело к образованию местных подпрудных условий и накоплению мелкозема,



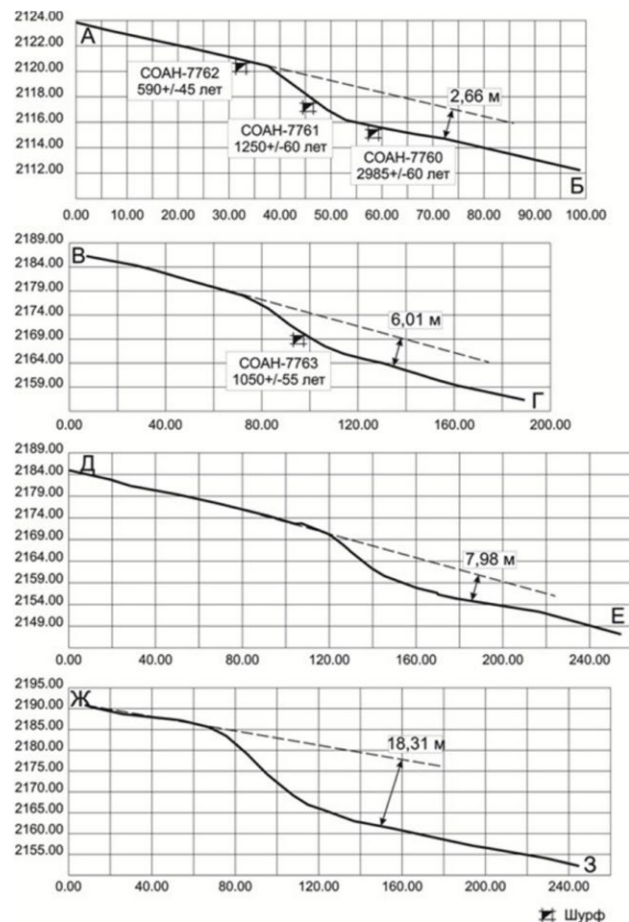
**Рис. 5.1.1.** Сейсмоуступ, рвущий высокую пойму на правом (западном) склоне долины реки Иири-Талдыбулак. Вид на северо-восток. Уступ, по-видимому, образовался в конце VII века н.э. Глыбы внизу уступа - справа от вертикальной стрелки - были вырваны и смещены в восточном направлении (направо) во время сейсмического события.▲



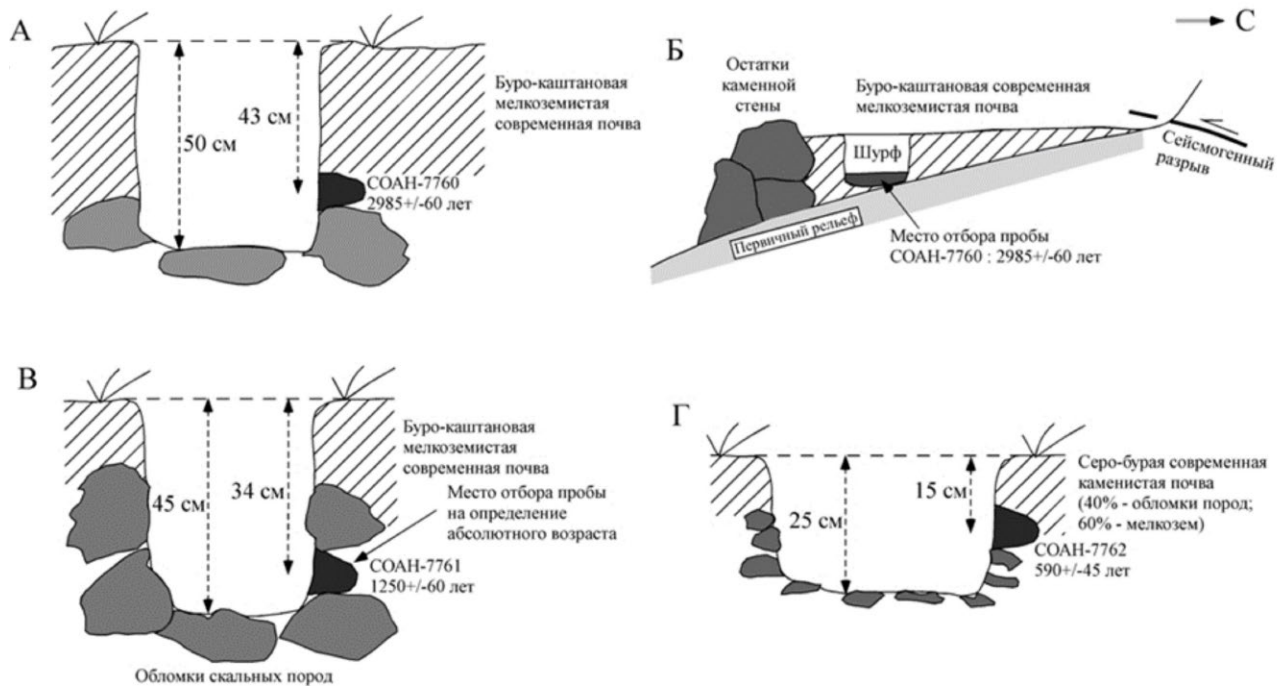
**Рис. 5.1.2.** Уступ, рвущий поверхности четвертичных аллювиально-пролювиальных террас на левом (восточном) склоне реки Иири-Талдыбулак. Черная штриховая линия проведена по подошве сейсмоуступа – выходу на поверхность плоскости разрыва.▲



**Рис. 5.1.3.** Детальная топографическая карта среднего течения р. Иири-Талдыбулак, выполненная с помощью электронного тахеометра. 1 - Сейсмоуступы, ограничивающие с юга высокие адыры Талды-Булак (а – отчетливо выраженные, б – предполагаемые по ряду морфологических признаков); ключики показывают направление падения плоскостей разрывов. 2 – Русло реки Иири-Талдыбулак; стрелка показывает направление течения реки. 3 – Линии топографических профилей. 4 – трасса "городской" стены таш-коро.▲



**Рис. 5.1.4.** Профили через сейсмоуступы: А-Б – через южный; В-Г, Е-Ж, З-И – через северный.▲



**Рис. 5.1.5.** Схематические зарисовки шурфов, пройденных у подножья южного сейсмоуступа (А), на его склоне (В) и на гребне (Г). Б - схематическая зарисовка местоположения шурфа у подножья южного сейсмоуступа (разрез). Здесь после возведения стены накопился мелкозем, на котором впоследствии образовалась почва. Проба СОАН-7760 была отобрана в нижней части почвенного горизонта.▲

на котором образовалась современная почва. Проба, отобранная в нижней части почвенного покрова дает нам возраст  $2985 \pm 60$  лет, т.е., X век до н.э.

Возраст пробы, отобранной к северу от разрыва (СОАН-7762:  $590 \pm 45$  лет), не может быть использован для датирования высокой поймы, так как он был отобран в болотистой почве, где мигрирующие водные растворы постоянно привносят свежий углерод из атмосферы. Время же формирования самого уступа определяется нами по возрасту пробы СОАН-7761:  $1250 \pm 60$  лет.

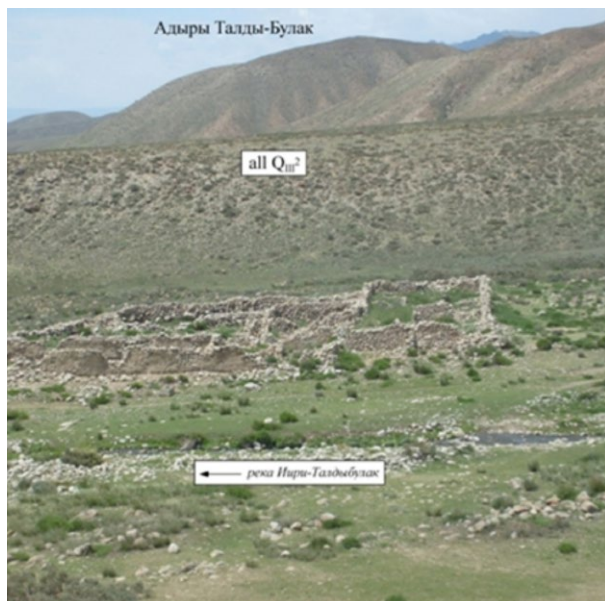
Проба, отобранная в нижней части почвенного покрова на склоне сейсмоуступа, пересекающего поверхность раннеголоценовой террасы на левом склоне долины реки Иири-Талдыбулак, показала возраст  $1050 \pm 55$  лет (СОАН-7763), т.е., X век н.э.

#### ИСТОРИКО-АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Археологическими объектами северо-западного побережья являются наскальные рисунки, курганы саков и усуней по обеим сторонам одноименной реки и вверх по ущелью. Встречаются и могильники древних тюрков. Интересны петроглифы, находящиеся севернее села Сары-Камыш, выше водохранилища. Эти рисунки на камнях оставлены племенами, жившими на территории Иссык-Кульской котловины в II тыс. до н.э. – I тыс. н.э.

Еще севернее Сары-Камышских петроглифов располагаются описанные выше южный и северный адырные разрывы в долине р. Иири-Талдыбулак. Эти сейсмогенные структуры пересекали, так называемый, таш-коро. Таш-коро – это каменные загоны для скота, а также зимовки кочевников. Они представляют собой сложно составленные каменные выкладки – длинные ряды валунов. Таш-коро обычно имеют хаотичную конфигурацию в виде кругообразных розеток, спиралевидных фигур.

Таш-коро в долине р. Иири-Талдыбулак имеет четыре возрастные фазы строительных конструкций. Пример наиболее молодой из них – это разрушенная каменная усадьба богатого человека, состоявшая из нескольких десятков помещений (рис. 5.1.6). Ее возраст, по-видимому, конец XIX – начало XX века: на стенах сохранилась штукатурка, обнаженные камни не имеют пустынного загара и признаков лишайникового покрова. Отсутствие цементного раствора между камнями говорит о том, что это строение было построено еще до Советской власти. Разрушение усадьбы произошло, по-видимому, во время Кебинского землетрясения 1911 г. ( $M \geq 8$ ), сейсмогенный разрыв которого вспорол северный склон хребта Кунгей Алатао. Важно



**Рис. 5.1.6.** Усадьба богатого человека, построенная на высокой пойме на правом склоне долины реки Иири-Талдыбулак. Вид на запад. Возможно, что разрушение усадьбы произошло во время Кебинского землетрясения 1911 г.▲



**Рис. 5.1.7.** Развалины “городской” стены таш-коро на бровке позднечетвертичной террасы на левом склоне долины р. Иири-Талдыбулак. Вид на юг. Поверхность нетронутых камней, слагающих стену, покрыта пустынным загаром и интенсивным покровом лишайников. На дальнем плане западное окончание оз. Иссык-Куль и хр. Терской Ала-Тоо.▲

отметить, что развалины еще одной усадьбы того же возраста можно наблюдать в нескольких километрах к западу от долины р. Иири-Талдыбулак.

Следующая фаза строительства – это отдельно встречающиеся каменные загоны для скота, возведенные во время позднего средневековья(?). Они выложены из камней, уже затронутых пустынным загаром и начинающимся лишайникообразованием. Наиболее широкое распространение – более одного квадратного километра имеют строительные конструкции третьей фазы строительства. Она представлена загонами для скота, располагающимися повсюду в пределах “городской” стены (рис. 5.1.7). Эта “городская” стена и стены загонных сооружений покрыты хорошо развитыми пустынным загаром и покровом лишайников. Возраст этой (главной) фазы строительства может быть определен по находящемуся рядом со стеной захоронению с каменным балбалом тюркского времени, поверхность которого покрыта пустынным загаром и лишайниками, развитыми в той же степени, что и “городская” стена. Местное население устанавливало балбалов на захоронениях с VI по X века н.э. По-видимому, именно на тюркское время пришлось основное строительство и максимальная оккупация таш-коро в долине р. Иири-Талдыбулак. Важно отметить, что западная “городская” стена таш-коро не была разрушена в месте ее пересечения южным сейсмоуступом.

Для строительства стен описанных первых трех фаз строительства древние кочевники использовали преимущественно небольшие местные камни. Их размер обычно не превышает 40 - максимум 50 см по длинной стороне. Однако на территории Иири-Талдыбулакского таш-коро изредка встречаются стены, сложенные из больших глыб, достигающих более 1 метра в диаметре. Эту стену и ей подобные мы относим к четвертой – самой древней фазе строительства. Одна из таких стен была разрушена южным сейсмогенным разрывом во время его вспарывания. В нижней части сейсмоуступа виден выворот значительных глыб в восточном направлении (см. рис. 5.1.1). По всей видимости, эти массивные стены принадлежали отдельным загонам для скота, расположенным разрозненно по всей долине р. Иири-Талдыбулак. Судя по пробе СОАН-7760, отобранной в нижней части почвенного горизонта, образованного перед древней стеной (см. рис. 5.1.5), в долине Иири-Талдыбулак люди жили уже в X-XI веках до н.э. Этот возраст подтверждается и многочисленными петроглифами того же времени [Улеманн и др., 2003], находящимися в нескольких километрах к югу от таш-коро.

Таким образом, Иири-Талдыбулакский таш-коро был построен уже после первого сильного землетрясения, произошедшего в конце VII века н.э. А жизнь в нем, по-видимому, прекратилась лишь после второго землетрясения в конце IX века н.э.

В результате проведенных исследований, нам удалось установить возраст и местонахождение двух сейсмических разрывов, образовавшихся во время сильных сейсмических событий средневековья, ранее неизвестных.

Мы уже указывали выше, что время формирования южного уступа, разорвавшего высокую пойму долины р. Иири-Талдыбулак близко к VIII веку н.э.: по возрасту пробы СОАН-7761:  $1250 \pm 60$  лет. Мы рассматриваем последнюю датировку как минимальный возраст подвижки по разрыву. Возникший сейсмогенный разрыв разорвал почвенный слой на своем крутом склоне (фронте) сейсмоуступа. Понадобилось какое-то время, чтобы на грубообломочных аллювиальных отложениях вновь образовалась почва – около 50-100 лет для этой части склона хребта Кунгей Ала-Тоо.

Возраст второго сейсмического события определяется нами по пробе, отобранной в нижней части почвенного покрова на склоне северного сейсмоуступа, пересекшего поверхность раннеголоценовой террасы на левом склоне долины реки Иири-Талдыбулак. Она показала возраст  $1050 \pm 55$  лет (СОАН-7763), т.е., X век н.э. Мы используем те же логические построения, приведенные выше, т.е., возраст землетрясения, приведшего к формированию северного сейсмогенного уступа на 50-100 лет древнее.

Для определения магнитуды палеосейсмокатастроф по параметрам сейсморазрывных дислокаций нами была использована формула А.А. Никонова [1984] (использованы данные по землетрясениям Средней Азии):

$$M = 7.09 + 0.79 \lg h$$

Предположив, что 2.66-метровый уступ в высокой пойме р. Иири-Талдыбулак был сформирован за одно событие, получаем  $M = 7.43$

Также можно грубо подсчитать количество сильных событий и по северному разрыву: 2-3 землетрясения в голоцене, 3-4 сильных сейсмических события в позднем плейстоцене и 15-16 землетрясений в среднем плейстоцене. Для оценки сейсмической опасности важным результатом этих вычислений является повторяемость сильных сейсмических событий в голоцене (последние 10-12 тыс. лет): одно сильное землетрясение в 3-4 тыс. лет по северному разрыву Талды-Булакского адырного разлома. Не нужно забывать, однако, что этот сейсмогенный разрыв не единственный в данном регионе. Для достоверной оценки сейсмической опасности Западного Прииссыккуля, необходимо провести палеосейсмологические исследования вдоль всех таких разрывов.

## 5.2. Тору-Айгырский участок сейсмодислокаций

(№ 10 на рис. 5.1)

### ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Участок, представленный сейсмоуступами, сеймосрывами и сейсморвами, впервые выделен Ч.У. Утировым [1978]. Эти сейсмогенные формы рельефа, по данным Ч.У. Утирова, предполагают силу бывших землетрясений не менее 9 баллов.

Торуайгырский участок дислокаций находится на южном склоне Кунгейского хребта и ограничивается на западе долиной р. Торуайгыр, на востоке - р. Кабырга [Чаримов и др., 2005]. Здесь распространены дислокации как сейсморазрывного типа [Корженков, 2000, 2006; Bowtan et al., 2004; Корженков и др., 2007 и др.], так и гравитационного: например, гигантский обвал, находящийся на уплощенных водоразделах междуречья Дюресу-Кабырга [Помазков, 1960]. Обвальная масса образует широкую всхолмленную полосу, слабо задернованную, имеются солифлюкционные оплывины, встречается множество небольших озер.

В верховье р. Культор хорошо выражены два рва с углом наклона  $45^\circ$  на север, расстояние между рвами около 250-300 м, глубина рвов 3.5-4 м. Видимая длина рвов 1 км, простираение северо-восточное. Кроме этого, на участке встречаются более мелкие деформации, образованные как в скальных, так и в рыхлых отложениях, степень сохранности и время образования разные.

Среди исследователей Тянь-Шаня широко известен Южно-Актекинский разрыв и сейсмоуступ, приуроченный к зоне названного дизъюнктива. На юге погружение структуры гор Ак-Теке наблюдается вдоль правого (восточного) склона долины реки Тору-Айгыр (рис. 5.2.1).

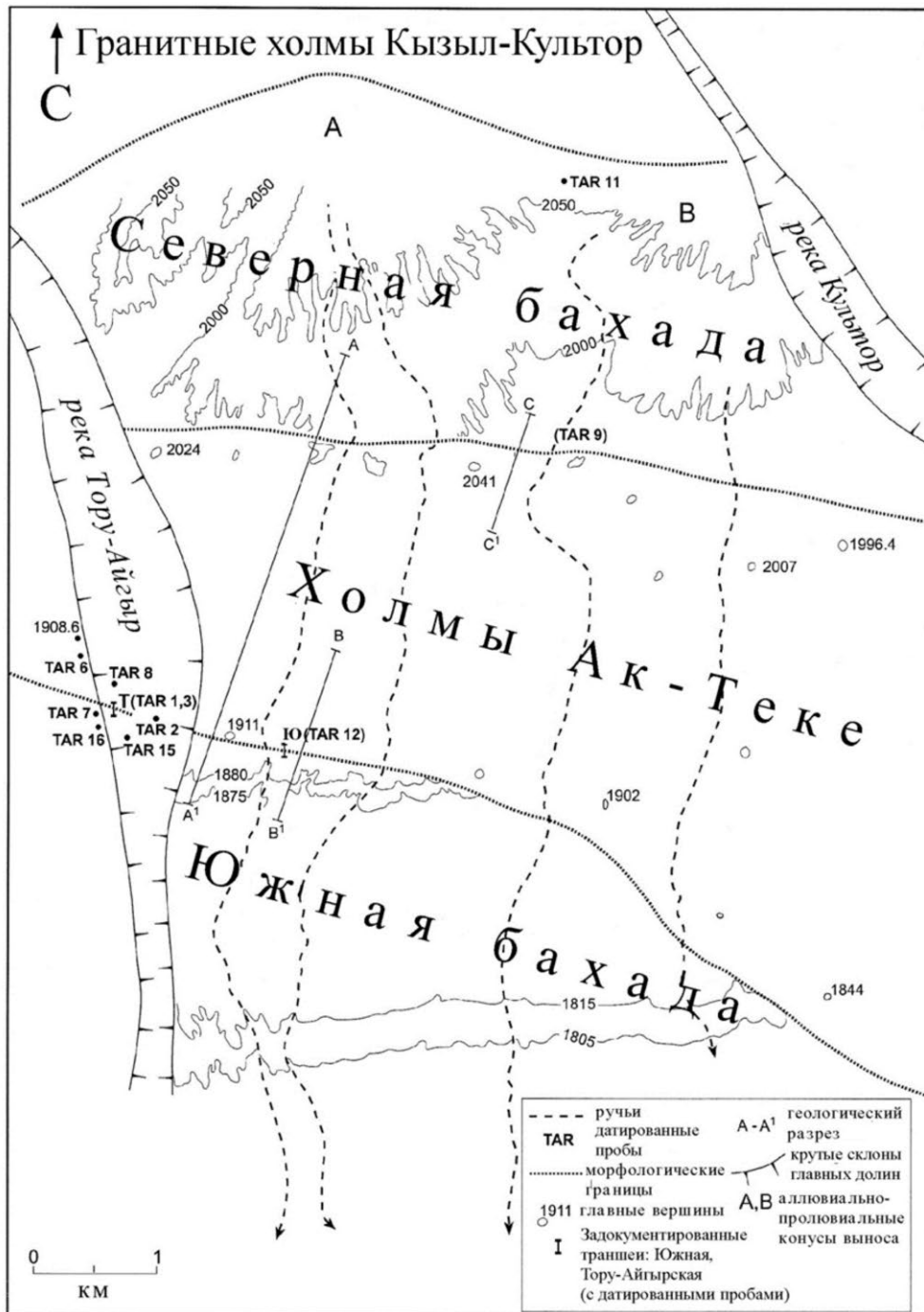
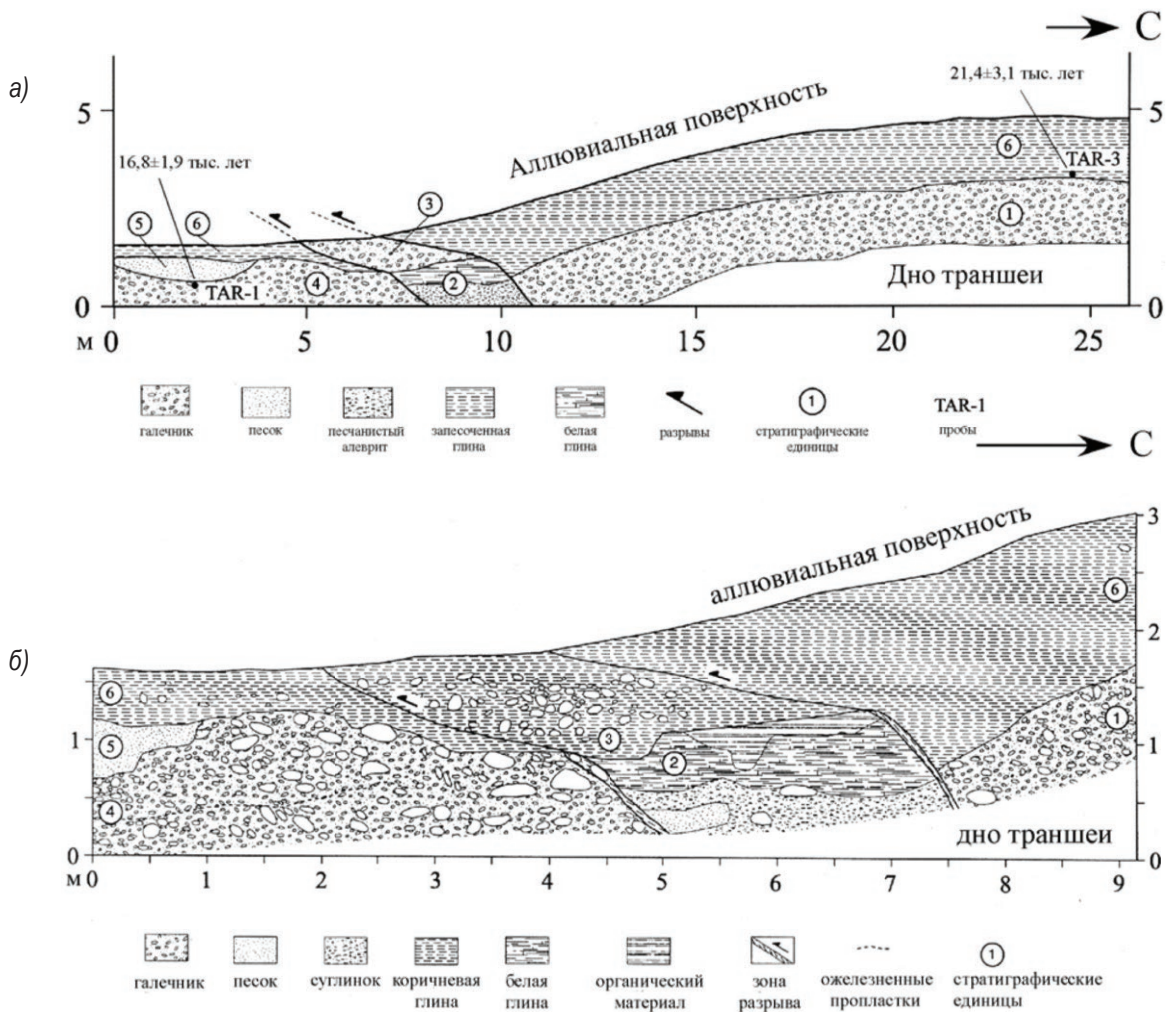


Рис. 5.2.1. Исследованная территория с указанием местоположения траншей и мест отбора образцов. Изолинии рельефа показаны выборочно для отражения общей топографии.▲

Здесь Иссык-Кульская свита неогена падает под углом 45-73° на юг. Вдоль контакта адыров Ак-Теке с южной бахадой (предгорной наклонной равниной, сложенной слившимися конусами выноса) обнажения иссык-кульской свиты также демонстрируют падения от субвертикального до опрокинутого с углом наклона до 45-56° на север. В южной траншее иссык-кульская свита взброшена и опрокинута с углом наклона 47-54° на север (рис. 5.2.2, ед. 1), свидетельствуя о наличии надвига, который падает в противоположную от бассейна сторону. Южная граница гор Ак-Теке формирует очень четкую линию, разделяющую 30-40-метровый по высоте и сильно изрезанный рельеф адыров Ак-Теке и сглаженную поверхность южной бахады (рис. 5.2.1). Эта резкая морфоструктурная граница подтверждается надвиговой зоной, выявленной в траншее, пройденной в нижней части долины р. Тор-Айгыр (рис. 5.2.3). К западу, за пределами долины Тор-Айгыра, антиклиналь Ак-Теке погружается под четвертичный чехол.



**Рис. 5.2.2.** Геологический разрез восточной стенки в южной (восточной) траншее (для местоположения см. рис. 29 Ю): вздернутое всиачее крыло Южно-Актекинского разлома сложено породами Иссик-Кульской свиты (толща 1), падающими под углом 47 - 54° на север. Разрывная плоскость почти достигает поверхности. Слои в лежащем крыле (толща 2) падают к югу под углом 27 - 38° и задираются вверх по разлому. Обе толщи срезаны эрозией и перекрыты рыхлым песчано-галечным аллювием (толща 3). По [Bowman et al., 2004], с изменениями.▲



**Рис. 5.2.3.** Геологический разрез западной стенки траншеи, пройденной вдоль голоценовой террасы р. Тору-Аугыр вкрест Южно-Актекинского разлома (рис. 5.2.1, Т) (а), по [Bowman et al., 2004], с изменениями. Запесоченные глины, перекрывающие галечник являются отложениями высокой поймы. Увеличенный фрагмент рис. 5.4.3 а – детальное изображение зоны Южно-Актекинского разлома (б).▲

## Подвижки по Южно-Актекинскому разлому по данным нивелирования

Нами было проведено профилирование посредством лазерного тахеометра зоны Южно-Актекинского (адырного) разлома. В общей сложности было пройдено 18 профилей через сейсмоуступ, вдоль которого оказались вздернутыми все террасы на правом склоне долины р. Тору-Айгыр (рис. 5.2.4). Амплитуда смещения по разлому составила (в среднем) от 3 м для голоценовой террасы до 35 м для наивысшей - среднечетвертичной террасы. Наш *первый профиль* прошел по поверхности наивысшей террасы (рис. 5.2.5, 5.2.6), ее возраст согласно местной схеме относительной стратиграфии, определялся как начало среднего плейстоцена - QIII [Корженков, 2000]. Люминесцентный анализ (Bowman et al., 2004) датирует эту поверхность как  $157 \pm 16$  тыс. лет, т.е. концом среднего плейстоцена. Следует отметить, что данная датировка была получена не из аллювиального чехла террасы в зоне разлома, а из чехла северной бахады - в  $\sim 5$  км северо-восточнее. Наше картирование в бассейне р. Тору-Айгыр показало, что поверхность и отложения северной бахады воздымаются тектоническими движениями при продвижении к югу и венчают водораздельные отроги гор Ак-Теке, т.е. геоморфологическая корреляция наивысшей вздернутой террасы в зоне Ак-Текинского разлома и поверхности северной бахады правомочна.

*Профили № 2-5* прошли по уступу, вздергивающему QII(?) террасу (рис. 5.3.5, 5.3.6). Профили № 2-3 показали 23-метровое взбрасывание, а профили № 4-5 -  $\sim 20$ -метровое. Этот факт может означать, что во время формирования террасы данного возраста произошла сейсмогенная подвижка по разлому с вертикальной амплитудой около 3 м.

*Профили № 6-15* отражают вздергивание QIII террас (рис. 5.2.7-5.2.9). Амплитуда вздергивания в значительной степени изменяется по простиранию уступа: от 7 до 3 м на соседних профилях. По-видимому, можно говорить о максимальной (7 м) и средней (5 м) величине вздергивания террас по разрыву. Профили № 8-15 прошли по террасе QIII<sup>2</sup> (согласно местной относительной шкале). Имеются абсолютные датировки этой террасы. Пробы для люминесцентного анализа были отобраны в висячем ( $96.0 \pm 8.6$  тыс. лет) и лежачем ( $81.7 \pm 7.1$  тыс. лет) крыльях разлома (рис. 5.2.9). Небольшая разница в возрасте для разных крыльев Южно-Актекинского разлома не должна вводить в заблуждение. Она находится в пределах методической ошибки в расчетах: минимальный возраст пробы TAR-6 равен 87.4 тыс. лет, а максимальный возраст для пробы TAR-16 - 88.8 тыс. лет, так что можно говорить о среднем - 88.1 тыс. лет возрасте, полученном для этой террасы. Профили № 8-9 хотя показывают более высокие высотные отметки тоже относятся к QIII<sup>2</sup> террасе. Их более возвышенное (по сравнению с профилями №

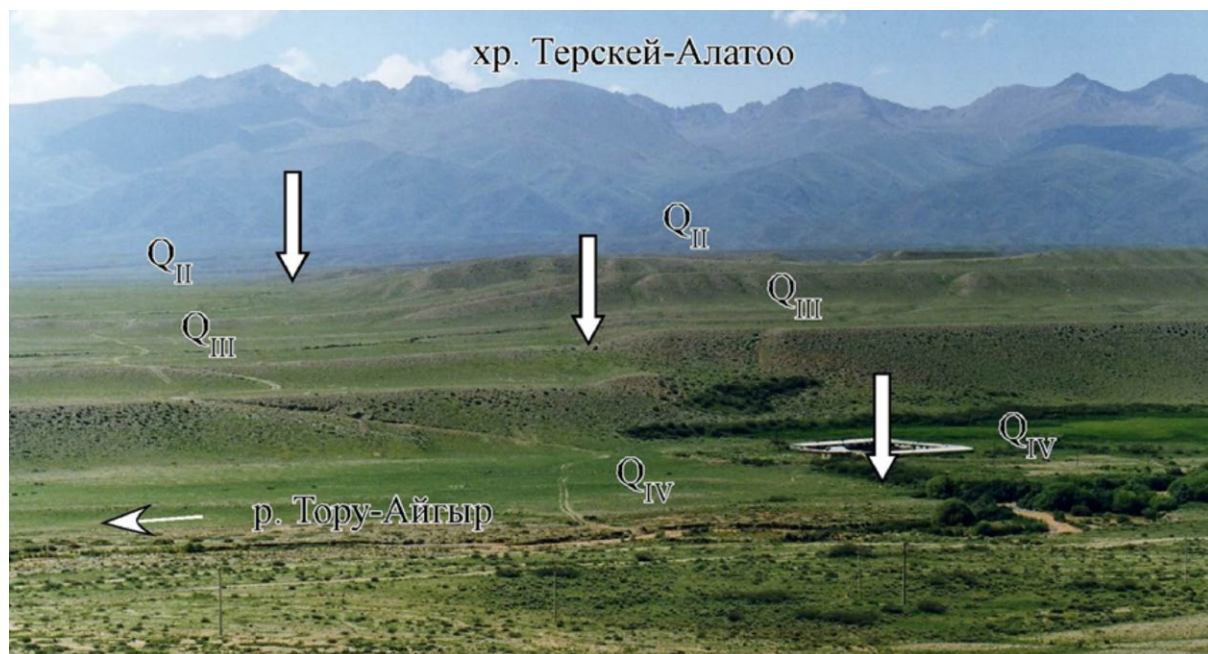


Рис. 5.2.4. Смещение террасовых уровней на правом склоне долины реки Тору-Айгыр по Южно-Актекинскому взбросу (показан стрелками).▲



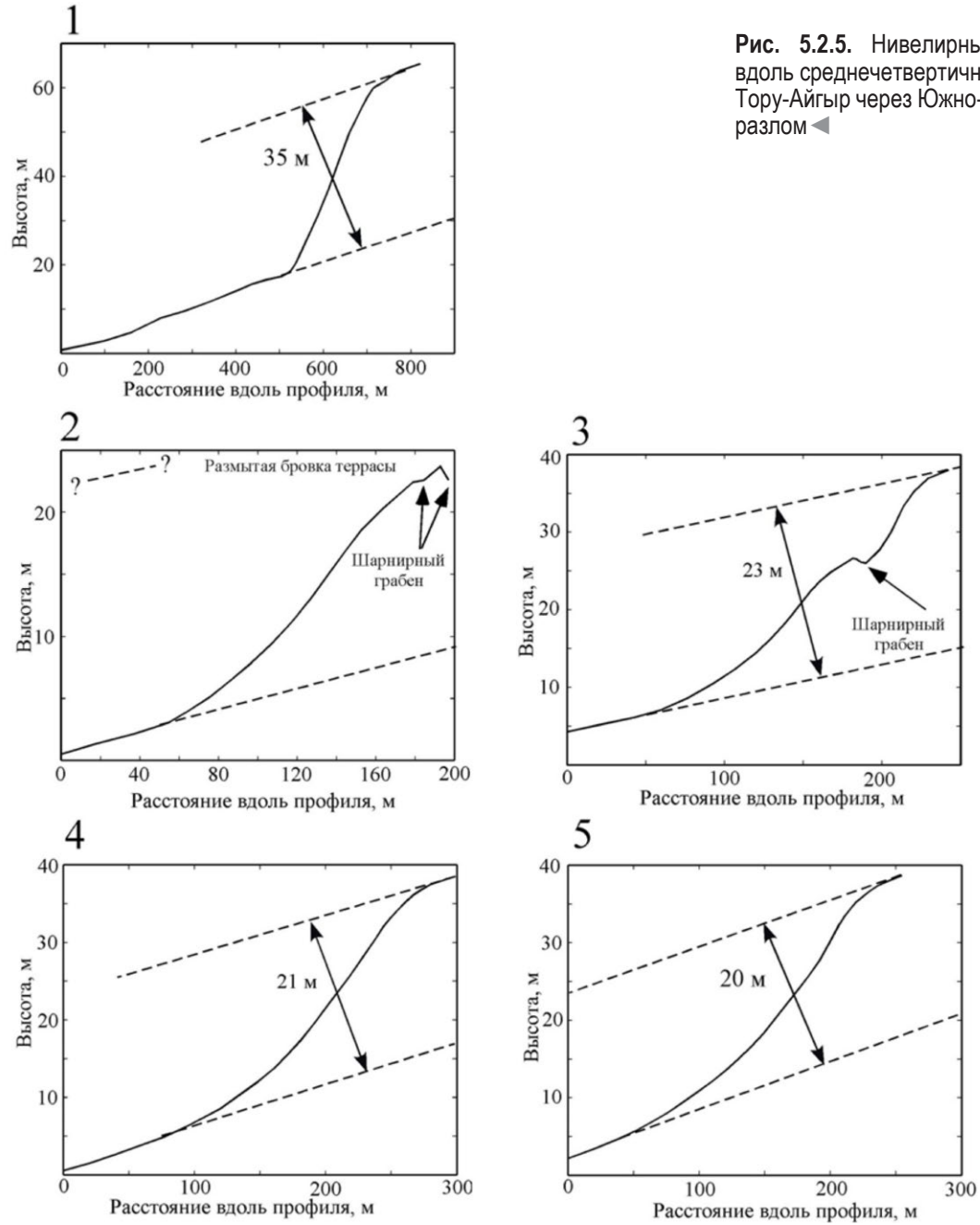


Рис. 5.2.5. Нивелирные профили вдоль среднечетвертичных террас р. Тору-Айгыр через Южно-Актекинский разлом

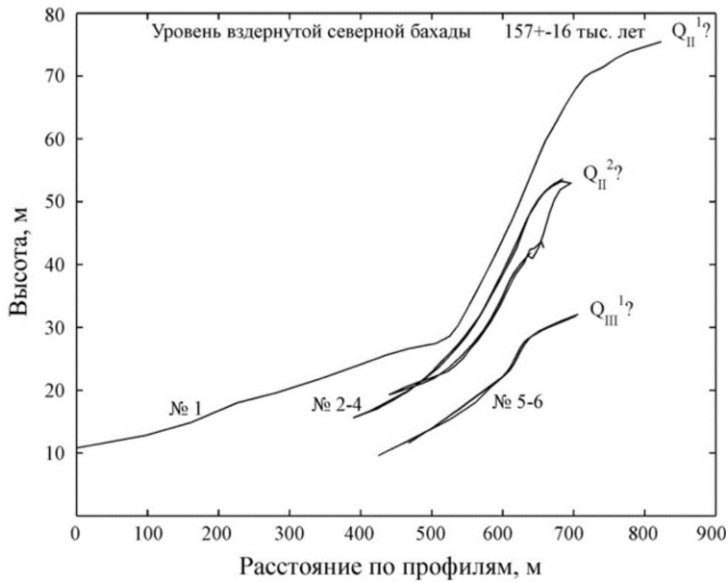
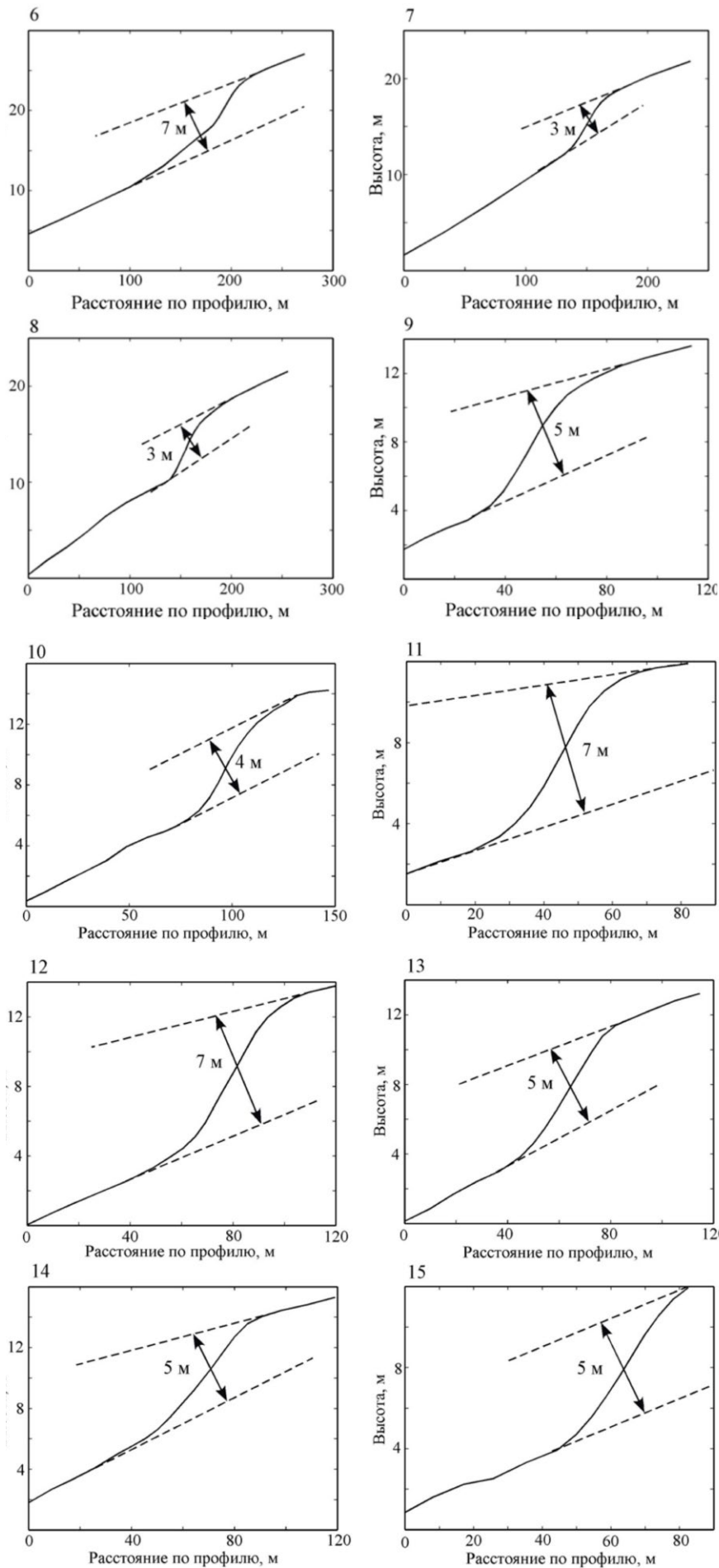


Рис. 5.2.6. Сводка нивелирных профилей № 1-6 вдоль среднечетвертичных и позднечетвертичных террас р. Тору-Айгыр через Южно-Актекинский разлом.



**Рис. 5.2.7.** Нивелирные профили № 6 - 9 вдоль позднечетвертичных террас р. Тору-Айгыр через Южно-Актекинский разлом. ◀

**Рис. 5.2.8.** Нивелирные профили № 10 - 15 вдоль позднечетвертичных террас р. Тору-Айгыр через Южно-Актекинский разлом. ◀

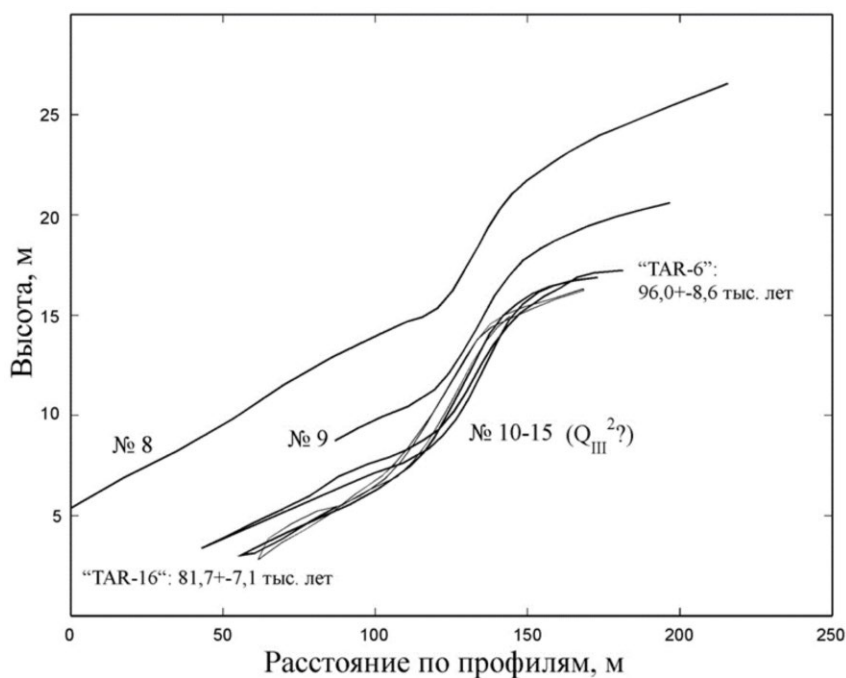


Рис. 5.2.9. Сводка нивелирных профилей № 7 - 15 вдоль позднечетвертичных террас р. Тору-Айгыр через Южно-Актекинский разлом.▲

10-15) положение, по-видимому, объясняется резкими падениями базиса эрозии р. Тору-Айгыр (понижением уровня оз. Иссык-Куль?) в начале периода формирования данной террасы.

Профили № 16-18 пройдены по голоценовой террасе (рис. 5.2.10). Сейсмоуступ сместил ее на высоту 2.5-4.25 м (в среднем около 3 м). Возраст этой террасы в висячем крыле разлома был определен как  $1.32 \pm 0.21$  тыс. лет (рис. 5.2.11). Последний возраст означает, что до периода  $1320 \pm 210$  лет тому назад отложения вздернутой голоценовой террасы были еще пойменными образованиями. В VII веке нашей эры ( $\pm 2$  века) произошло очередное сильное землетрясение в зоне Южно-Актекинского разлома. Пойменные отложения в висячем крыле разлома были вздернуты на высоту в несколько метров и никогда больше не заливались водами реки. В разделе 3.3 было отмечено, что приводимые датировки являются минимальными определенными возрастными. С учетом погрешности метода, это означает, что возраст последнего землетрясения, скорее всего даже не VII-й, а возможно VI-й или даже V-й век нашей эры. В таком случае, не маркирует ли описываемый сейсмоуступ эпицентральною зону сильного землетрясения, произошедшего в Северо-Западном Прииссыккулье, предположительно, в 500 году нашей эры, о котором у нас имеются весьма скудные данные [Джанузаков и др., 2003]?

Имея данные по величинам смещения и возрасту деформированных террас, легко рассчитать средние скорости косейсмического смещения, а также повторяемости сильных землетрясений по Южно-Актекинскому разлому. За последние 157 тыс. лет смещение по разлому составило 35 м, т.е. средняя скорость смещения, начиная со среднего плейстоцена, составляет 0.2 мм/год. За последние 96 тыс. лет имело место максимальное смещение в 7 м по исследуемому разлому, т.е. средняя скорость смещения в позднем плейстоцене - голоцене составляет 0.07 мм/год. За последние 1320 лет смещение по разлому составило 4.25 м, таким образом, средняя скорость смещения по Южно-Актекинскому разлому в позднем голоцене составляет более 3 мм/год.

Как видно на (рис. 5.3.3), за максимальное смещение на 4.25 м по Южно-Актекинскому разлому ответственны два сейсмических события, т.е. в среднем 2.12 м за одно землетрясение. Эти цифры очень резонные: например, во время Суусамырского (1992 г.,  $M=7.3$ ) землетрясения в Северном Тянь-Шане образовались два сейсмоуступа максимальной высотой 2.7 и 1.8 м [Богачкин и др., 1997]. Учитывая изложенное выше, средняя повторяемость сильных землетрясений вдоль Южно-Актекинского разлома составляет 17 событий за последние 157 тыс. лет, т.е. одно сейсмическое событие раз в 9515 лет.

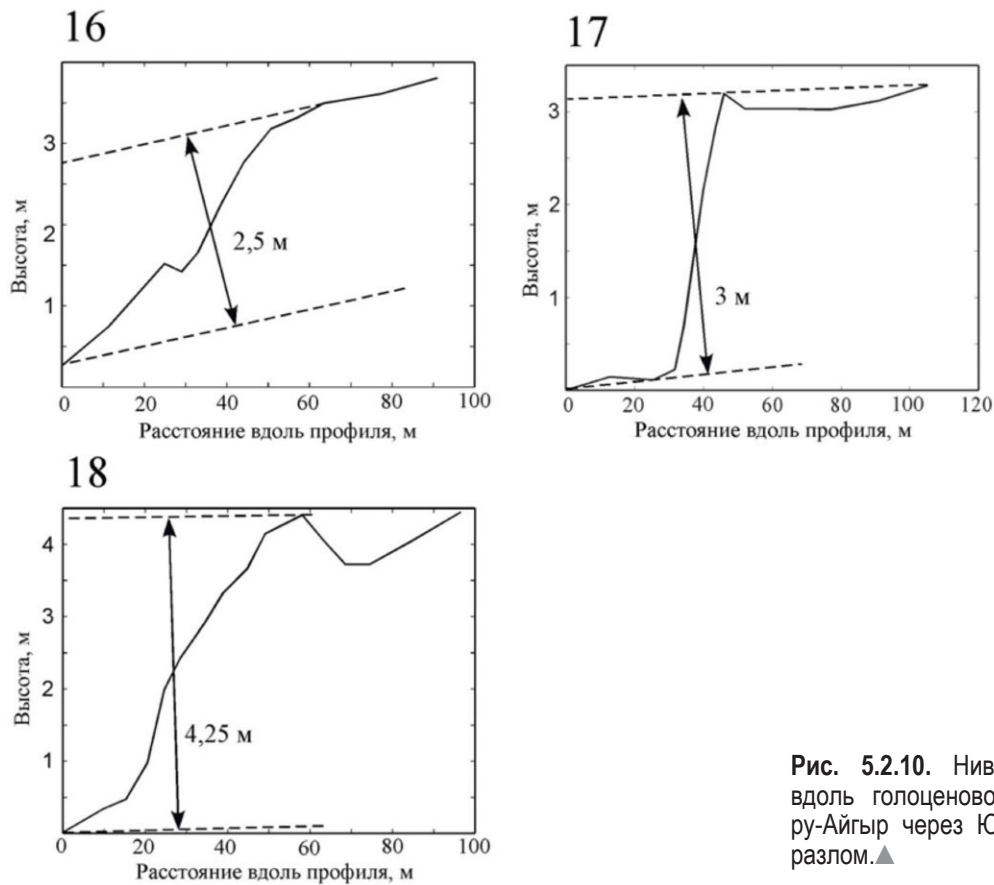


Рис. 5.2.10. Нивелирные профили вдоль голоценовой террасы р. Тору-Айгыр через Южно - Актекинский разлом.▲

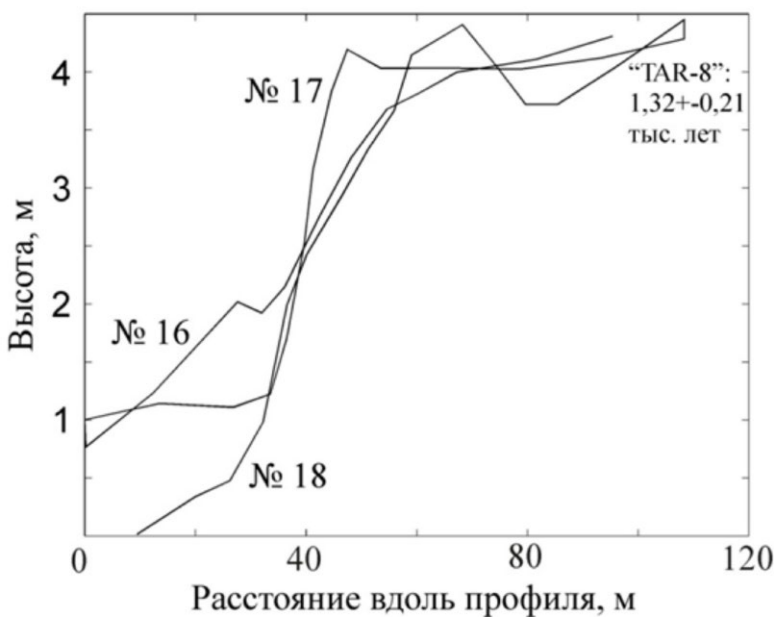


Рис. 5.2.11. Сводка нивелирных профилей вдоль голоценовых террас р. Тору-Айгыр через Южно-Актекинский разлом.◀

Следует отметить, что основное количество землетрясений по Южно-Актекинскому разлому имело место в среднем плейстоцене - времени его заложения и начала роста Ак-Текинской надразломной антиклинали. Позднее произошло замедление подвижек по этой разломной плоскости: 1–2 сейсмических события в позднем плейстоцене и 2 - в голоцене. Вполне возможно, что основная сейсмотектоническая активность в настоящее время сместилась к югу - в район Текренской антиклинали, также формирующейся, по-видимому, подвижками по юному надвигу.

Общая протяженность Тору-Айгырского участка сейсмодислокаций около 30 км [Утиров, 1993].

## АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общеизвестно, что рубеж VI—VII вв. на территории Кыргызстана явился началом бурного развития оседло-земледельческой культуры. До указанного времени этот обширный район представлял собой область господства кочевого населения. Только в отдельных местах существовали единичные поселения усуней. Оседлость и земледелие возникали в таких плодородных долинах, как Таласская, Чуйская, Кеминская и Иссык-Кульская котловина [Мокрынин и Плоских, 1992]. Именно в этих районах зарегистрировано наибольшее количество остатков средневековых населенных пунктов, представлявших некогда города, караван-сарай и мелкие поселения. Все они по своей планировке и архитектуре отличались друг от друга. Наибольший расцвет архитектуры в городах Кыргызстана приходится на X—XII вв.— период существования государства караханидов. Нашествие татаро-монгол прекратило бурный рост градостроительства на территории Киргизии [Винник, 1967]. Но жизнь и созидательная деятельность во многих городах продолжала существовать в монгольское и послемонгольское время. Наибольшее количество памятников X—XV вв. на территории Кыргызстана выявлено в Иссык-Кульской котловине. Из них особо следует отметить Тору-Айгырское городище. Городище Тору-Айгыр - расположен в бассейне одноименной реки на всем ее протяжении - от истоков до береговой линии озера, часть памятников затоплена и в данный момент находится под водой на глубине до 7 метров. Занимает территорию одноименного села и его окрестности вплоть до побережья озера. С запада границей города служила р. Тору-Айгыр, с севера и востока он был защищен длинной стеной. Город, по-видимому, состоял из двух частей: верхней (северной) и нижней (южной), которая впоследствии оказалась затопленной и ныне еще не полностью освобождена от воды. Наземная его часть частично застроена современным селом, значительная часть руин погребена в водах озера. Границы поселения размывы, крепостных стен не сохранилось, но керамика и находки, обнаруженные здесь, свидетельствует о жизни города в X-XIV вв. В окрестностях города было обнаружено шесть мелких поселений [Винник, 1967] (рис. 6.3.12).

Академик В.В. Бартольд отождествлял Тору-Айгыр с городом Сикуль [Бартольд, 1897], упоминаемый в письменных источниках XIV вв., который существовал в предшествующее время и находился на северном берегу оз. Иссык-Куль. Средневековые авторы писали, что Сикуль большой и богатый город, расположен на границе между землями карлуков и джикилей, недалеко от мусульманских владений, однако точное местонахождение его не указывалось. Бартольд так же отмечает, ссылаясь на генерала Дудина, что приблизительно в версте выше от станции Тору-Айгыр находится “кирпичный завод”. Завод представлен едва заметными развалинами с обломками плоских квадратных кирпичей хорошего обжига матовых и глазурованных бирюзового цвета. Другие развалины, осмотренные г-м Ковалевым, находятся к северу от первых ближе к горам [Бартольд, 1897].

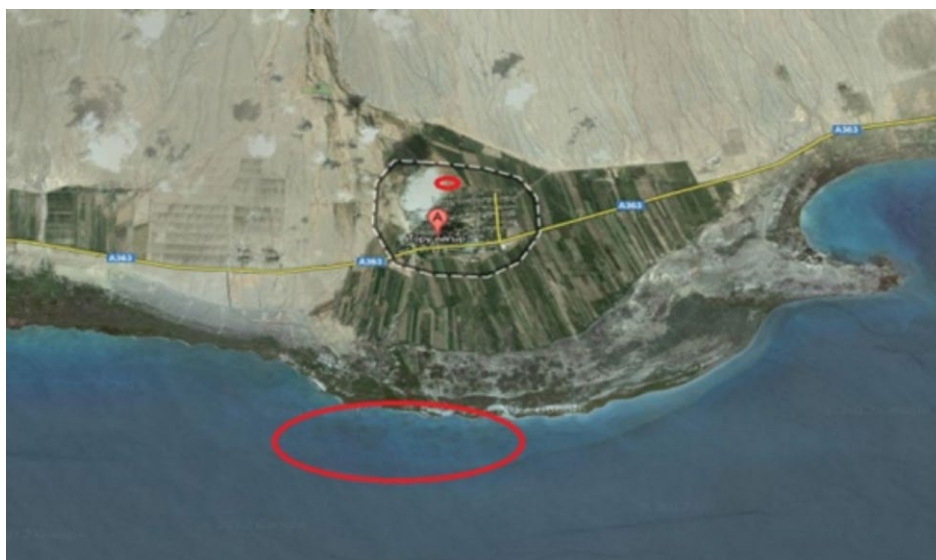


Рис. 5.2.12. Снимок из космоса местности Тору-Айгыр с указанием археологических объектов.▲

П. П. Иванов, исследовавший эту местность в 1927 г., в своих работах так же упоминает кирпичный завод, о котором ранее сообщал Бартольд, и в дополнение говорит о существовании христианского кладбища в районе Тору-Айгыра, о котором ему сообщил Я. И. Корольков [Иванов, 1957]. Первые раскопки на поселении были проведены здесь в 1959 г. под руководством Д.Ф.Винника. В северной части города раскопками были вскрыты остатки жилищ из сырцового кирпича и монументальные постройки (сооружения производственного и бытового назначения), собран разнообразный вещественный материал [Открытие..., 1975]. В 60-х годах в северной части села были раскопаны остатки средневекового кирпичного завода. Здание представляло собой прямоугольное сооружение размером 18×34 м с сохранившимися нижней частью топки и обогревательной системой в виде труб, проложенных под полом между стенками-распределителями. Дугообразная топка и печи располагались на разных уровнях. Комплекс завода состоит из нескольких помещений. Основное - это топка с двумя печами, далее — помещение для мытья в 100 м с кирпичным полом, под которым проходили каналы из кирпича. Пол и стены комнат и резервуаров были облицованы глазурованными изразцами. Завод датируется XIV-XV вв. [Винник, 1967]. В разных направлениях от него размещались жилища горожан и ремесленные мастерские. Стоит так же отметить что здание Тору-Айгырского кирпичного завода отребутируется со средневековой баней (рис. 5.2.13).

Кроме выше рассмотренного памятника Винником Д. В. здесь обнаружены и раскопаны еще два поселения XIV—XV вв. Два из них расположены к северо-западу от Тору-Айгырского городища вдоль одноименной реки. Первое находится у метеостанции; второе — караван-сарай — в среднем течении р. Тору-Айгыр. Д.В. Винником так же обследованна береговая линия. Судя по находкам кирпичей, глазурованных плиток и глиняной посуды со дна озера, здесь существовали постройки [Винник, 1967] (Рис. 5.2.14).

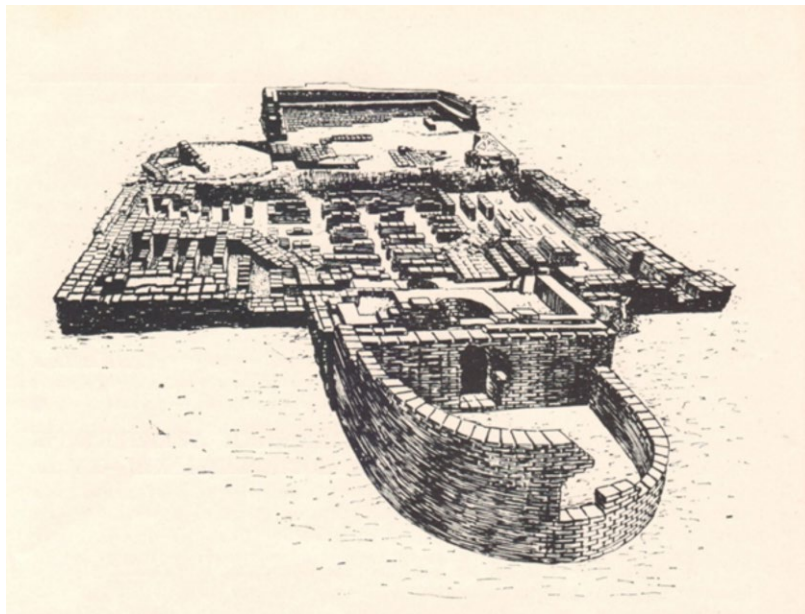


Рис. 5.2.13. Общий вид разрушенной части кирпичного завода XIV – XV вв. ▲

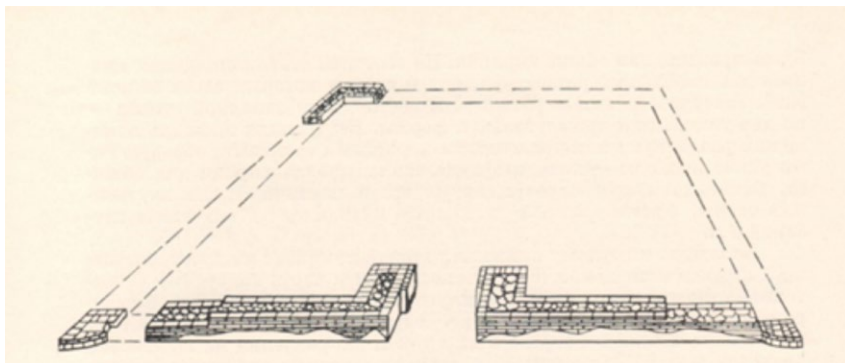


Рис. 5.2.14. Остатки караван сарая XIV – XV вв. ▲

В затопленной части городища Тору-Айгыр за несколько полевых сезонов удалось собрать довольно солидную коллекцию предметов материальной культуры, которые в какой-то степени дают представление о жизни его обитателей, их занятиях и быте. Все предметы долгое время находились под водой и покрыты известковыми наростами. Иногда эти наросты образуют толстые слои, скрывающие саму форму предмета. Они настолько крепко “сцементированы” с древними изделиями, что механическая очистка, особенно крупной керамики, практически невозможна. Изделия из керамики и камня можно освободить от известковых наростов, только используя 50%-ный раствор соляной кислоты.

Все находки в местности Тору-айгыр можно подразделить на три основные группы: керамика, изделия из камня, металлические изделия.

**Керамика.** Как и на подавляющем числе археологических памятников керамика является наиболее массовым материалом. Обломки ее разных размеров и цвета рассеяны на большой площади дна и на побережье. Здесь за очень небольшой промежуток времени можно составить внушительную коллекцию древней керамики. Обилие материала позволяет быть более разборчивым. Мы осматриваем все, но берем и храним только те осколки древних сосудов, которые могут дать максимальную информацию. Наибольший интерес вызывают фрагменты керамики с частью венчика или донца, “археологически целые”, по которым можно восстановить размеры и форму. Одна из редких находок, поднятая со дна озера, сделанна участником экспедиции Анатолием Колесниковым – шестирожковый “чирог” – святильник на масляной основе (рис. 5.2.15). По предположению В. М. Плоских, он может являться так же и Менорой – семиствольным светильником (семисвечник), одним из древнейших символов иудаизма и еврейских религиозных атрибутов.

На территории поселения найдено значительное количество орнаментированной керамики как с растительным орнаментом, так и с ярко выраженной христианской символикой. Найдено несколько обломков сосудов со штампом в виде. Особый интерес привлекают фрагменты на нескольких обломках “хумов”. На них изображена шестиконечная звезда (Гексаграмма), сегодня известная как Звезда Давида. Она имеет очень древнее происхождение, не привязанное к конкретной этнической общности. Данный символ так же встречается на золотоордынских монетах и служит тамгой многих монгольских родов (Рис. 5.2.16).

**Изделия из камня.** На поселении Тору-Айгыр были найдены следующие орудия труда, сделанные из камня (рис. 5.2.17 и 5.2.18): огромное количество зернотерок (Жаргылчак) и терок различных форм и размеров, сделанных из разных пород камня, а так же песты, точила, разнообразной формы грузила, пряслица.



Рис. 5.2.15. Керамический шестирожковый чирог ◀



Рис. 5.2.16. Обломки Хумов с изображением шестиконечной звезды. ▼



**Рис. 5.2.17.** Каменный жернов на дне озера Иссык-Куль. ◀

**Рис. 5.2.18.** Коллекция терок, поднятых со дна озера Иссык-Куль. ▼



Зернотерки, или жаргылчаки, как называют их киргизы, распространены по всей территории затопления городища. Встречаются зернотерки различных размеров и форм, некоторые из них имеют желобки также разных размеров и форм. Величина самых больших из зернотерок достигает около 1.2 м в диаметре. Стоит так же отметить одно из сооружений из жженого кирпича, в центре которого размещается жернов около 1.3 м в диаметре. Пол этого сооружения выложен из жженого кирпича размером 25×25×4 см (Рис. 5.2.17).

Обнаруженные терки имеют продолговато-овальную форму. Среди них чаще всего встречаются экземпляры значительных размеров, рабочая площадь их сильно сработана, и концы оказались приподнятыми так, что в профиль они напоминают силуэт ладьи с высоким носом и кормой. Зерно или руда растирались при помощи терочного камня, которым служила обычно удлиненной формы природная галька. В отдельных местах на небольшой площади находилось до десятка целых и разбитых терок, что свидетельствует о том, что здесь когда-то было помещение хозяйственного назначения (Рис. 5.2.19).



**Рис. 5.2.19.** План затопленной части поселения Торуг-Айгыр. ◀





Рис. 5.2.20. Границы затопления поселения.▲

Основными задачами поставленные перед археологическим отрядом были: создание плана поселения Тору-Айгыр, обследование местонахождения поселения на предмет нахождения новых размытых остатков построек и вымытых археологических артефактов, выявление центральных построек и разделение поселения по общепринятым канонам в археологии, а также нахождение и обследование городского некрополя. Установлено, что в связи с ежегодным изменением уровня воды начал размыв культурного слоя, при этом обнажаются фундаменты каменных построек, несколько построек из обожженного кирпича, а также стены из сырцового кирпича (рис. 5.2.20).

В ходе работ был составлен план поселения с основными видимыми признаками обживания. Составлен примерный план поселения, на котором четко видны центральные развалины поселения, имеющие протяженность с востока на запад около 800-900 метров и с севера на юг около 400 метров, с явными видимыми строениями внутри как из обожженного кирпича (строения из которого на территории Кыргызстана встречаются очень редко), так из камня и сырцового кирпича и пахсы. Восточнее центральных развалин было зафиксировано несколько крупных скоплений керамики и несколько строений из сырцового кирпича. Таких крупных скоплений было обнаружено 2. Первое скопление найдено на расстоянии 600 метров от предполагаемых центральных развалин размером 600×400 метров, второе - на расстоянии 1500 метров размером 200×300 метров. Между 1 и 2 скоплениями керамики было зафиксировано огромное количество размытых погребений. В этом же районе, вдоль береговой линии, было обнаружено огромное количество остатков человеческих костей. Местные жители так же подтвердили, что в этом районе постоянно выбрасывается огромное количество костей. Это позволяет предположить возможность существования в этом месте городского некрополя. Для более детального описания эта часть поселения требует дальнейшего тщательного исследования. Так же фрагменты костей человека и животных бессистемно расположены на поверхности дна по всей площади городища и за его пределами. Вероятно, они вымываются придонными течениями из некрополя и, возможно, и из другого, еще не обнаруженного места их массового захоронения.

Границы городища определены с точностью в несколько десятков метров, при этом за его пределами встречаются локальные участки компактного расположения на поверхности дна, как фрагментов керамики, так и обожженного кирпича, а также изделий из камня – жерновов и зернотерок. Основные исследования (рис. 5.2.21) проводились в центральной части развалин. Была выбрана полоса вдоль береговой линии шириною по 200 м и длиною около 500 м, где и были зафиксированы основные объекты.

*Объект №1.* Остатки сооружения из обожженного кирпича (рис. 5.2.22, 5.2.23). Площадь 2.7×2.5 м. с возвышением над поверхностью дна до 0.5 м. Объект был зафиксирован в 2013 году. Состояние объекта на этот год стабильное, он не подвергся дальнейшему размыву и сейчас находится в удовлетворительном состоянии. Координаты данного сооружения (43т 0615886, 4702535 UTM).



Рис. 5.2.21. Подготовка участников экспедиции к погружению.▲

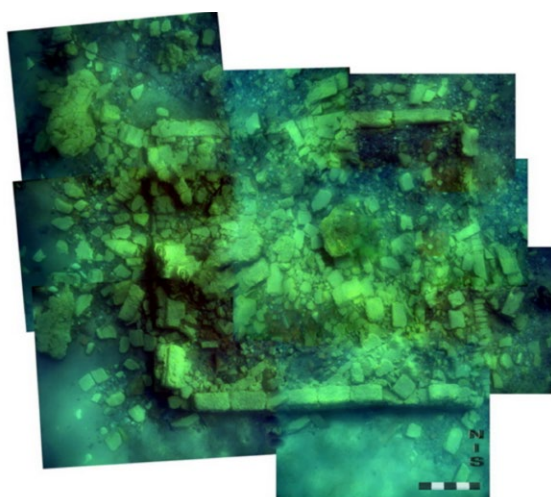


Рис. 5.2.22. Объект № 1. Затопленная часть средневекового поселения Тору-Айгыр.▲



Рис. 5.2.23. Фундамент постройки № 1 из жженого кирпича. Тору-Айгыр.▲

*Объект № 2.* Небольших размеров тандыр (круглая печь) с остатками строений высотой 30-40 см из сырцового кирпича. Координаты данного сооружения (43т 0615925, 4702454 UTM).

*Объект №3.* Стена из камня шириною до 50см. Визуально видны лишь контуры сооружения и только в нескольких местах было зафиксирована кладка в 2 слоя камней. Координаты данного сооружения (43т 0615655, 4702656 UTM). *Объект № 4.* Жернов диаметром 140см. Вокруг жернова разбросанно огромное количество обожженного кирпича. Координаты данного сооружения (43т 0615825, 4702498 UTM).

*Объект № 5.* На расстоянии 90 метров от берега были зафиксированы остатки стены толщиной до 2 метров. Стена простирается с севера на юг. Дальнейшие ее 60 метров ее замыло песком. Стена сложена из сырцового кирпича. Западная часть стены засыпана песком и видна лишь на 10-15 см, восточная часть подмывается и её видимая высота достигает 70-80см.

*Объект № 6.* На расстояние около 300 метров от берега было зафиксировано сооружение из обожженного кирпича размером 4 на 5 метров (рис. 5.2.24, 5.2.25). Пол выложен из обожженного кирпича размером 25х25х4 см. В центре располагается жернов диаметром 1.3 м из камня.

С поверхности дна также подняты: средневековый гончарный сосуд удовлетворительной сохранности, переотложенный из культурного слоя в наносные песчано-глинистые отложения, керамический чираг того же времени, 3 обломка горловины мургобов (рис. 5.2.26), огромное количество обломков керамики. Все предметы находились на расстоянии до 400 метров от

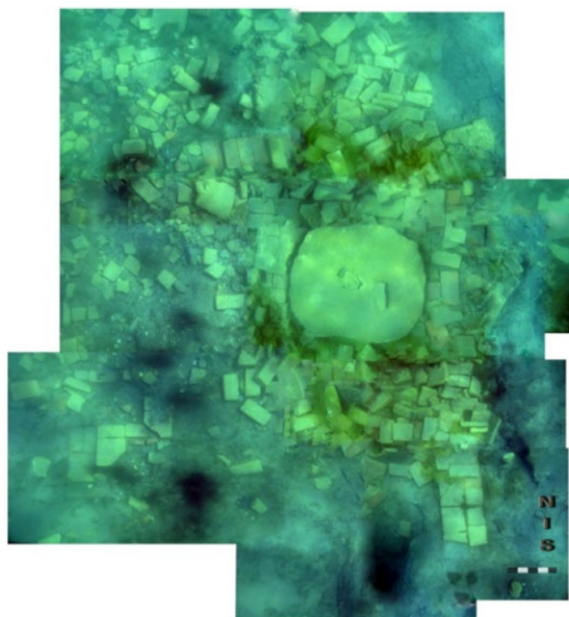
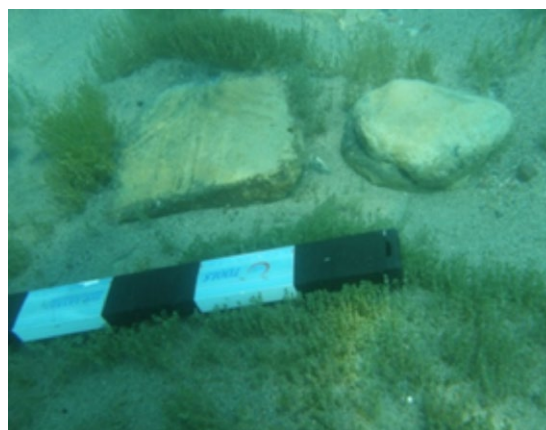


Рис. 5.2.24. Объект № 6. Сооружение из обожженного кирпича. Тору-Айгыр. ◀

Рис. 5.2.25. Объект № 6. Тору-Айгыр. ▼



описанных фундаментов зданий в окружении развалов обожженных кирпичей и фрагментов керамики. Наконец, зафиксированы остатки камышового настила.

В 1986 г. водолаз В.М. Блинов [Конурбаев и др., 1994] обследовал обширную акваторию (400×800 м) озера к югу от восточной части территории турбазы “Улан” (расположенной в нескольких километрах к западу от с. Тору-Айгыр). На расстоянии 250 м от береговой линии на глубине 3.5 м аквалангист обнаружил вымостку из обожженного кирпича. Это был участок неправильной формы площадью 17.5 м. Кирпичи (размером 28×14×5.5 см) были уложены в “елочку” и скреплены очень плотным раствором, не поддающимся даже воздействию металла. Толщина промазки между кирпичами 0.5 см. На значительном расстоянии вокруг выкладки валялись целые кирпичи и их фрагменты. Были обнаружены и другие сооружения. Например, в 300 м от берега на глубине 4 м сохранились остатки стен помещения (2×2 м), стороны которого ориентированы по сторонам света. Стены сохранились на высоту всего в 4 кирпича. Пол покрыт очень прочным цементирующим раствором.



Рис. 5.2.26. Обломки мургов. ◀

По территории подводного городища без какой-либо системы были разбросаны скелеты людей, населявших его в древности. Положение скелетов разное: вытянут на спине головой на запад, север или юг; на боку. Иногда попадался череп без скелета, в другой раз – наоборот. По всей видимости, здесь произошла катастрофа, при которой погибшие остались непогребенными.

Почему древнее поселение близ современного села Тору-Айгыр пришло в запустение, как оказалось оно на дне озера?

Археологические данные указывают на какое-то катастрофическое событие имевшее место в XIV веке н.э. В это время жители по какой-то причине оставляют свои города и селения. Причины этого археологи приводят разные: и военные нашествия, и эпидемические болезни, и природные катастрофы. Анализ археологических материалов, изложенных выше, приводит нас к заключению о возможной сейсмической причине заката оседлых поселений в Северо-Западном Прииссыккулье. В пользу этого предположения свидетельствуют следующие данные:

- повсеместное разрушение всех средневековых сооружений, выявленное в наземных раскопках, методами подводной археологии, а также памятников, сохранившихся на дневной поверхности до сих пор.
- резкое / моментальное погружение прибрежных частей поселений, что не позволило населению спасти от затопления свой скарб / утварь.
- на территории подводных городищ без какой-либо системы разбросаны цельные скелеты людей, населявших их в древности. Положение скелетов на дне озера различное: одно тело вытянуто на спине головой на запад, другое – на север или юг; третье тело залегает на боку. Ясно, что эти люди погибли внезапно, а моментальное погружение прибрежной части городища под воду не позволило уцелевшим жителям похоронить покойников.

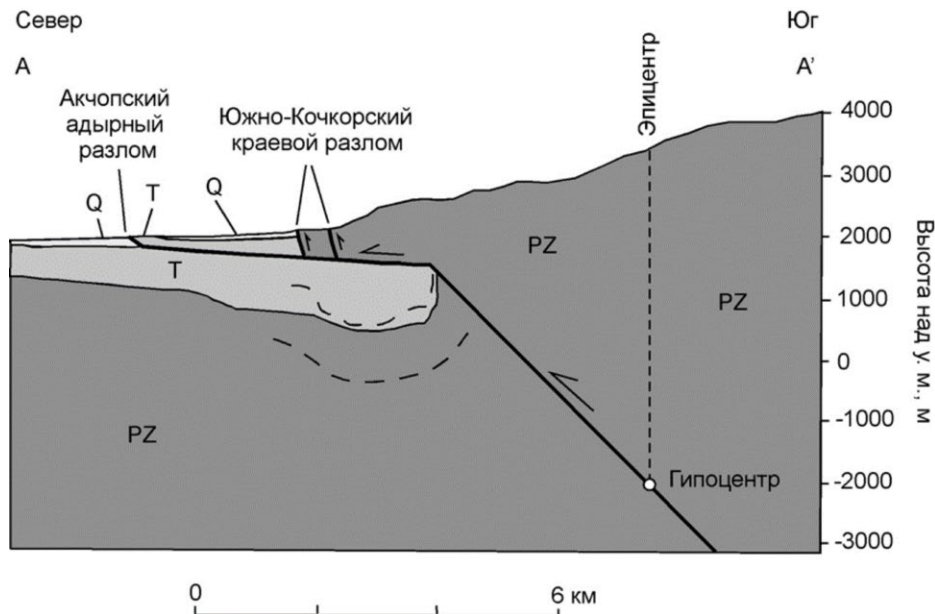
Эти данные, а также описанные выше радиоуглеродные датировки говорят о сильном землетрясении в Северо-Западном, Западном Прииссыккулье в XIV веке н.э.

В подтверждении вышесказанного, особо следует остановиться на фактах значительных опусканий береговой зоны, имевших место при сильном землетрясении начала XX века. Вот, что пишут К.И. Богданович и др. [1914] о Кебинской катастрофе 1911 г. ( $M_W = 7.9$ ): “Берег Иссык-Куля около памятника Пржевальского. Образовались трещины, по которым происходило оседание части берега и дна залива озера... В районе Корумды на берегу озера отмечены были опускания “джерганак”, т.е. зарослей облепихи, которыми покрыта краевая болотистая полоса... Мы попадаем в прославившуюся при этом землетрясении Сазановку, наполовину разрушенную, на восточном краю этого села начинаются уже трещины в поверхности, густую сеть покрывшие большую часть полей и лугов, сильные опускания берегов, смещения склонов оврагов, вздутия и т.п.; все эти явления усиливаются вплоть до Ойтала. Здесь произошли все те же опускания берега в несколько квадратных верст, провалы, ступенчатые оседания, масса трещин... По краям Тюпской губы (станция Николаевская)... удары шли с запада: по берегам “джерганак”, заросли облепихи, оседали под воду”.

В последней сводке по сильным землетрясениям [Джанузаков и др., 2003] приводится информация о первом известном древнем сейсмическом событии в Северо-Западном Прииссыккулье. В своей работе К.Д. Джанузаков и др. пишут о сильном землетрясении, имевшем место в 500 году н.э. Координаты этого события  $42.7^\circ$  СШ и  $76.5^\circ$  ВД. Магнитуду упомянутые авторы определяют как  $M=6.7$ , интенсивность  $I=VIII-XIX$  баллов. К сожалению, авторы не указывают источник их информации об этом сейсмическом событии. Однако его эпицентр они располагают на южном склоне хребта Кунгей Ала-Тоо, где-то в месте восточного окончания Западно-Кунгейской мегантиклинали. Эпицентр этого землетрясения был приурочен, по-видимому, к восточному окончанию Тогуз-Булакского краевого разлома.

Интересно отметить, что возраст сейсмического события, имевшего место в раннем средневековье вдоль южного разрыва Талды-Булакского адырного разлома на Иири-Талдыбулакском участке сейсмодислокаций, очень близок (в пределах инструментальных ошибок методов) с возрастом последнего землетрясения, произошедшего по Ак-Текинскому разлому в конце VII века нашей эры (проба TAR-8:  $1320 \pm 210$  лет в статье [Корженков и др., 2007]). Мы уже указывали, что последнее землетрясение по южному разрыву произошло на 50-100 лет ранее радиоуглеродного возраста пробы СОАН-7761:  $1250 \pm 60$  лет, т.е. тоже в конце VII века. Возможно, что оба разрыва образовались во время одного и того же землетрясения?

Подобные прецеденты имели место во время сильных современных землетрясений в Северном Тянь-Шане. Так, например, максимальная степень повреждений зданий и деформаций в рельефе, отмечались Корженковым и др. [2006] во время Кочкорского землетрясения (2006,



**Рис. 5.2.27.** Геологический разрез, построенный через эпицентральную зону Кочкорского землетрясения 2006 года по данным геологического картирования и магнитотеллурического зондирования, по [Park et al., 2003; Корженкову и др., 2006]. Величина поддвига осадочных отложений (Т – палеоген-неогеновых и Q – четвертичных) под хребет, сложенный палеозойскими породами (PZ), – не менее 3 км.▲

$M=5.5$ ;  $I=VII-VIII$  баллов) вдоль двух субширотных полос: одна из них была приурочена к Южно-Кочкорскому краевому разлому, а другая – к адырному Акчопскому разлому (рис. 5.2.27).

Во время Суусамырского землетрясения (1992;  $M=7.3$ ;  $I=IX-X$  баллов), произошедшего в одноименной впадине, образовались два сейсмоуступа на поверхности: один – вдоль Суусамырского краевого разлома, а второй – вдоль Арамсуйского адырного разлома [Богачкин и др., 1997], отстоящий от первого на 26 км. Зона разрыва Суусамырского землетрясения, на основе афтершоковых данных, простиралась на расстояние около 50 км [Mellors и др., 1997]. В то же время общая длина двух образовавшихся поверхностных разрывов составляет только 4 км. Отсутствие обширного поверхностного разрыва от такого значительного события довольно необычно. Такой феномен может иметь место, если подвижки по главному разлому на глубине распределяются по вторичным расщепляющимся разломам, достигающим поверхности.

В случае Суусамырского землетрясения ясно, что наличие уступов вдоль краевого Суусамырского и адырного Арамсуйского разломов предполагает расщепление разломной зоны близ дневной поверхности. Это возможно, если главный разлом на глубине разделяется на несколько вторичных разрывов близ поверхности, распределяя, таким образом, общую величину подвижки на расщепляющиеся разрывы, достигающие земной поверхности. Наконец, Меллорс и др. [Mellors et al., 1997], отмечали, что афтершоки, которые отчетливо выявляют разломную плоскость на глубине, становятся более рассеянными близ поверхности. Более значительное рассеяние, наблюдаемое для мелкофокусных афтершоков, отчасти является следствием плохого определения гипоцентров на малых глубинах, но может также отражать это расширение разломной зоны по направлению к земной поверхности.

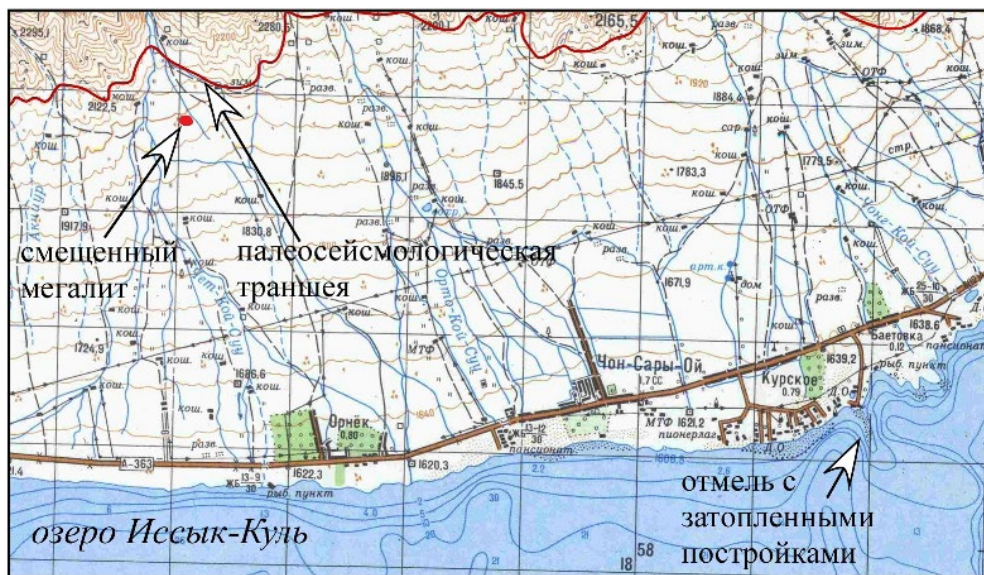
Не исключено также, что в конце VII века нашей эры в Северо-Западном Прииссыккулье произошло два независимых землетрясения, разделенных коротким интервалом времени. Этот интервал мы не можем выявить из-за значительных ошибок радиоуглеродного и (особенно) люминесцентного метода датирования. Возможно, что имела место кластеризация землетрясений по одной сейсмогенной зоне. В истории сильных землетрясений Северного Тянь-Шаня подобная кластеризация имела место в конце XIX – начале XX веков. Здесь вдоль так называемой Северотяньшаньской сейсмической зоны всего за 26 лет произошло 4 сильнейших землетрясения: Беловодское 1885 г. с  $M_{LH} = 6.9$ ; Верненское 1887 г. с  $M_{LH} = 7.3$ ; Чиликское 1889 г. с  $M_{LH} = 8.3$  и Кебинское 1911 г. с  $M_{LH} = 8.2$  [Джанузакон и др., 2003]. Если палеосейсмологи будут изучать последствия этих землетрясений в 3010 году, используя радиоуглеродный метод, то из-за ошибки метода для них это будут различные сегменты Северотяньшаньской сейсмогенерирующей зоны, одновременно активизировавшиеся в 1900 г. плюс-минус 50 лет...

**5.3. Койсуйский участок сейсмодислокаций (КС на рис. 5.1)**

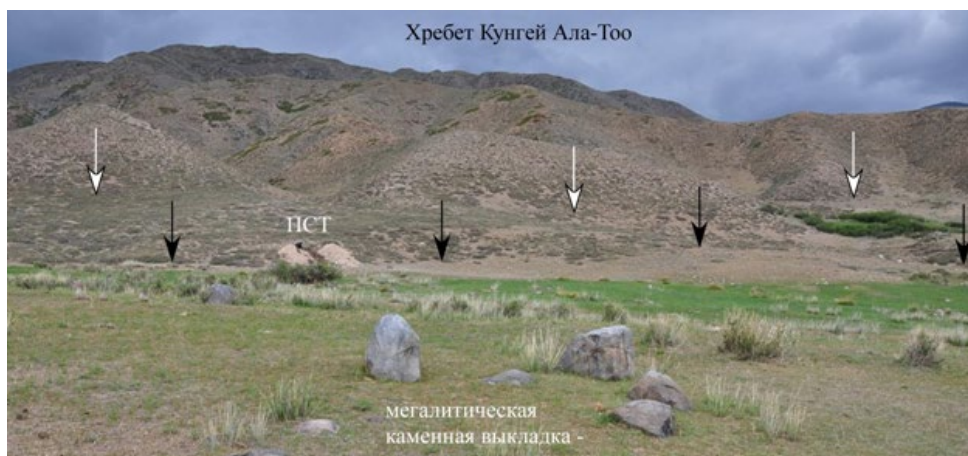
ИССЛЕДОВАНИЯ ЗОНЫ КУЛЬТОРСКОГО КРАЕВОГО РАЗЛОМА

Культурский разлом протягивается от долины р. Торуайгыр на западе до долины р. Чон-Аксуу на востоке. Протяженность разлома около 100 км. Разлом выражен на поверхности по-разному: имеются явно неактивные участки, например, в междуречье Чоктал-Дюресу, Чон-Аксуу - Широкая Щель, и активные – Чолпоната-Корумду протяженностью 25 км, Кумбел - Западный Карачан (10 км) [Selander; 2008]. Палеосейсмодислокаций в пределах разлома предшествующими исследователями обнаружено не было.

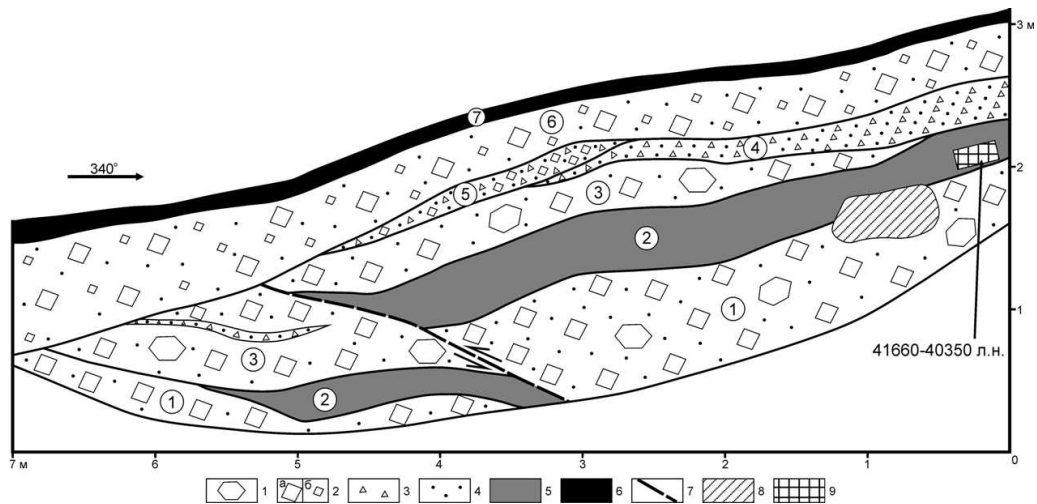
В ходе полевых работ в июне 2014 г. нами были проведены тренчинговые исследования в зоне Культурского разлома. В районе урочища Чет-Койсуу (рис. 5.3.1) был выявлен сейсмогенный уступ, прослеженный на расстоянии 1.6 км. Уступ нарушает позднечетвертичный делювиально-пролювиальный шлейф у подножия хребта и имеет высоту около 2 м (рис. 5.3.2). В ряде мест уступ размывает, и в него вложены современные пролювиальные конуса. Через уступ была заложена палеосейсмологическая траншея, юго-восточное окончание которой имеет координаты  $N = 42.65599^\circ$ ,  $E = 76.83559^\circ$ ,  $Alt = 2036$  м (точность измерения GPS-координат  $\pm 3$  м). Азимут простирания траншеи  $340^\circ$ . В северо-западной стенке траншеи в стратиграфической последовательности вскрываются (рис. 5.3.3):



**Рис. 5.3.1.** Фрагмент топографической карты на территорию СЗ Прииссыккуля. Красная линия – Культурский краевой разлом надвигового типа. Сторона клетки – 2 км.▲



**Рис. 5.3.2.** Палеосейсмологическая траншея (ПСТ), пройденная через сейсмоуступ (черные стрелки проходят по его тыловому шву) в левобережье реки Чет-Койсуу. На переднем плане мегалитическая каменная выкладка. На заднем плане – хр. Кунгей-Алатоо. Он отделяется от Иссык-Кульской впадины по зоне краевого Культурского разлома (показан белыми стрелками). Вид на север.▲



**Рис. 5.3.3.** Палеосейсмологическая траншея через сейсмогенный уступ в зоне разлома, разделяющего Иссык-Кульскую впадину и хребта Кунгей. 1 – отломы; 2 – щебень: а – крупный, б – мелкий; 3 – древесина; 4 – песок; 5 – супесь в разной степени гумусированная; 6 – современная бедная гумусом горная почва; 7 – сместитель; 8 – след от выпавшего валуна сиенита; 9 – место отбора раковин пресноводных гастропод для AMS датирования абсолютного возраста.▲

*Слой 1.* Серый крупный щебенник с песчаным заполнителем и включением редких отломов. Мощность более 1 м. Пролувий.

*Слой 2.* Желтовато-серая супесь, слабо насыщенная гумусом, фрагментами корневой системы и растительного детрита. Наиболее гумусированы нижние 10-15 см, характеризующиеся светло-бурой окраской. Нижняя и верхняя границы субсогласные слабоизогнутые. Мощность до 0.44 м. Палеопочва. В нижней части присутствуют небольшие маломощные (до 0.15 м) линзочки суглинков, представляющие собой отложения лужевых фаций. В одной из них собраны раковины пресноводных гастропод для определения радиоуглеродного возраста методом AMS.  $^{14}\text{C}$  возраст раковин определен в  $36400 \pm 700$  л.н. (Poz-66172), калиброванный - 41660 – 40350 л.н.

*Слой 3.* Серый крупный щебенник с песчаным заполнителем и включением редких отломов аналогичный слою 1. Мощность 0.8 м. Ближе к юго-западному окончанию траншеи присутствует линзовидный прослой пескодресвяника мощностью 8 см. Кровля слоя срезана отложениями слоев 4-6. Пролувий.

*Слой 4.* Линза серых пескодресвяников мощностью до 0.3 м. Кровля срезана отложениями слоев 5 и 6. Пролувий.

*Слой 5.* Линза серой дресвы и мелкого щебня с песчаным заполнителем. Мощность до 0.2 м. Кровля срезана отложениями слоя 6. Пролувий.

*Слой 6.* Серый крупный и мелкий щебенник с песчаным заполнителем. Мощность до 0.8 м. Пролувий.

*Слой 7.* Современная слабогумусированная горная почва. Мощность до 0.2 м.

Смещение слоев 1-3 позволяет выделить сместитель взброса падающего на север, в сторону Кунгейского хребта, под углом 20-30°. Амплитуда смещения составляет 1.6 м. Вдоль плоскости сместителя наблюдается переориентировка обломков и катаклиз ряда из них. Срезающий пакет слоев 4-6 и современная почва (слой 7) накапливались после сейсмического события и формирования уступа. Отобранные раковины гастропод позволят установить абсолютный возраст слоя 2 (середина позднего плейстоцена) и определить нижнюю возрастную границу возможного интервала проявления древнего землетрясения.

О возрасте верхней возрастной границы интервала может свидетельствовать курган, расположенный во фронте сейсмогенного уступа (Рис. 5.3.4). Он находится в 50-80 метрах западнее палеосейсмологической траншеи и имеет диаметр 5.5 м. Южная часть каменно-земляной насыпи кургана “сползла” по склону сейсмоуступа на юго-запад. Это смещение насыпи стало прямым следствием формирования уступа, который образовался уже после захоронения – то есть в историческое время. Критическим для реконструкции возраста землетрясения является возраст захоронения.



**Рис. 5.3.4.** Рассеяние камней (пунктирная линия), слагавших каменно-земляную насыпь (белая линия) средневекового кургана, вниз по склону во фронте сейсмоуступа. Человек стоит на бровке уступа. Деформация кургана является следствием формирования сейсмоуступа.▲

Курган входит в состав могильника Чет-Койсуу. Некрополь состоит из большого количества курганных групп, разбросанных с запада на восток на 13 км и на юг от горного склона на 10 км. Надмогильные сооружения представлены каменно-земляными насыпями с прямоугольными или кольцевыми крепидами в основании.

В 1957 году в 7 км восточнее в ущелье Кой-Суу археологом Л.П. Зяблиным [1959] были раскопаны курганы морфологические сходные с курганами урочища Чет-Койсуу. Л.П. Зяблин так описывает курганы. Могилы - это грунтовые ямы, у отдельных захоронений стенки ям обложены камнями и имеются небольшие углубления под насыпями. Погребенные лежали на спине, в вытянутом положении, головой на запад. Сопровождающий инвентарь состоит из глиняной посуды, деревянной кружки, железных наконечников стрел, железного ножа, железного стремени, изделий из кости и камня. Находки позволили датировать курганы VII-XIII вв. н.э. Следует ожидать, что и могильник Чет-Койсуу имеет аналогичный возраст.

#### ИССЛЕДОВАНИЯ СМЕЩЕННОГО ПО РАЗЛОМУ МЕГАЛИТА В УРОЧИЩЕ ЧЕТ-КОЙСУУ

Отдельное место среди археологических памятников занимают каменные сооружения-выкладки различных типов. Они были найдены практически на всей территории Иссyk-Кульской котловины – в большинстве горных ущелий и на побережье Иссyk-Куля. Все заметки о подобных археологических памятниках сводились преимущественно к констатации факта их наличия, без попыток охарактеризовать сами объекты. Мегалитические каменные выкладки — представляют собой каменные круги, а так же составленные из камня сооружения в виде сложных геометрических фигур. Они обычно имеют конфигурацию в виде розеток и спиралей. Встречаются масштабные сооружения, состоящие из 5-12 кругов, образующие в плане фигуру в виде цветка с лепестками. В центре цветка находится наиболее крупный круг. Круги-лепестки более мелкие. Они достигают в диаметре 12-30 м. Каменные выкладки Иссyk-Куля похожи на всем известные кромлехи (КРОМЛЕХ: от бретонского “crom” – круг и “lech” – камень) - один из видов мегалитических построек времени неолита и, главным образом, бронзового века. Обычно состоит из огромных (до 6-7 м высотой), отдельно стоящих глыб, образующих одну или несколько концентрических окружностей. Окружности опоясывают площадку, в середине которой иногда находится дольмен или менгир. Кромлехи свидетельствуют, что их создатели уже овладели началами композиции, чувством ритма и масштаба, техникой стоечно-балочной конструкции.

По мнению Винника и Перегудовой [1975] мегалитические сооружения - это кенотафы - надгробные памятники, не содержащие останков покойного, своего рода символические могилы. Такие ограды характерны для погребений племен сако-усуньского времени. Более того, в сако-усуньской культуре кольцевые оградки сооружались иногда не вокруг кургана с захоронением, а вокруг кенотафа, а то и на ровной площадке. Однако не исключено, что по-



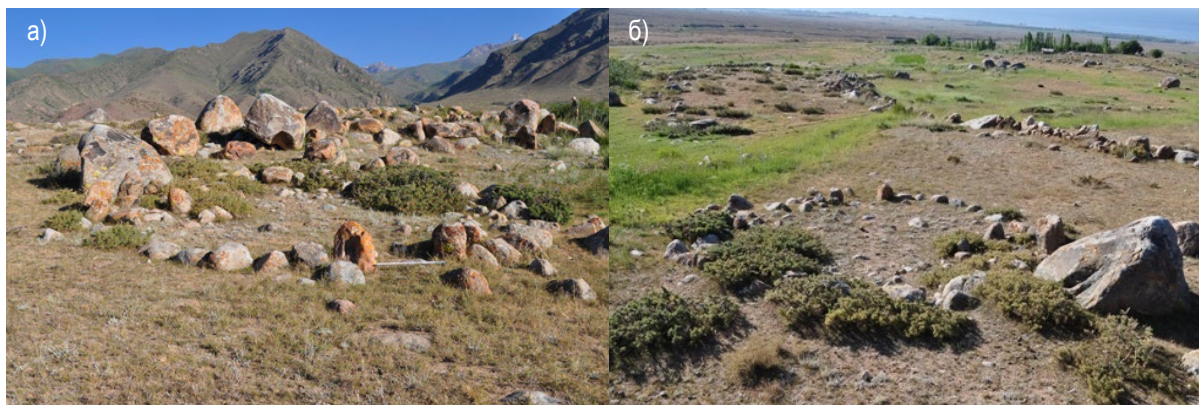


Рис. 5.3.5. Вид сооружения до раскопок. А – вид на север, на ущелье Чет-Койсуу, Б – вид на юг ▲

добные кольцевые сооружения продолжали сооружаться и в более позднее время. Подобные сооружения известны, как памятные обкладки юрт в этнографическое время на территории Киргизии, Казахстана, Монголии.

Возможно, что такие каменные кольца связаны с культом солнца. Из письменных источников известно, что ранние кочевники поклонялись солнцу. Геродот [2009], описывая поход Кира на массагетов, приводит такие слова царицы Томирис: “Клянусь солнцем - владыкою массагетов, я утолю твою жажду в крови”. В другом месте, характеризуя массагетские обычаи, Геродот отмечает, что “из богов чтут только солнце, которому приносят в жертву лошадей”. В целом культ поклонения солнцу характерен для кочевых народов скифского круга и сохраняется и в более позднее время на широкой территории [Граков, 1969]. Сооружения такого типа распространены по всей территории археологического памятника Чет-Койсуу, где они также соседствуют с длинными каменными стенами.

Исследуемый кромлех ( $N = 42.647765^\circ$ ,  $E = 76.830158^\circ$ ) (рис. 5.3.5) находится в центре обширного мегалитического памятника. Это круг диаметром 8 м, сложенный из окатанных валунов размерами от 30-60 см, поставленных вертикально. В восточной части сооружения отчетливо наблюдаются вход в круг шириной 98 см, ориентированный по основанию камней на восход солнца. Для нашего исследования было принято решение вскрыть юго-восточную четверть сооружения. Основными задачами раскопок было: определить дневную поверхность времени сооружения кромлеха и попытаться воссоздать реконструкцию сооружения, а так же определить время его сооружения и функциональное предназначение. В ходе работ было определено, что культурный слой по вскрываемой поверхности отсутствует, максимальная глубина раскопа составила 20 см в юго-восточной части раскопа, основное заполнение - это песок, нанесенный на дневную поверхность. В ходе раскопок было определено, что круг сооружен методом вертикальной установки камней сооружения в небольшие впускные ямы. Укрепление конструкции проводилось путем более мелкого каменного материала между крупными камнями, что одновременно приводило и к увеличению высоты стены круга (рис. 5.3.6).

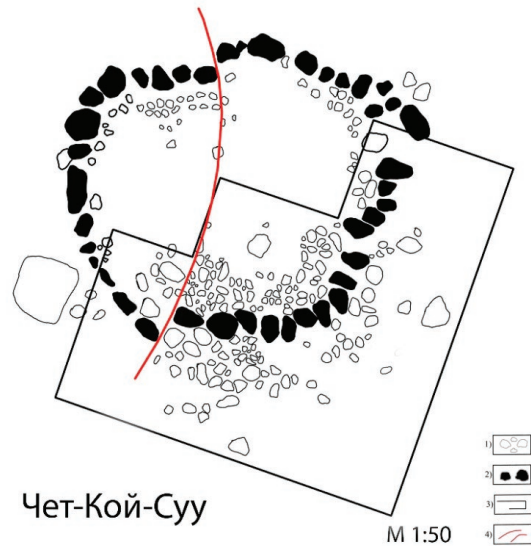
В ходе расчистки было выявлено отчетливое левосдвиговое смещение с амплитудой в 15-20 см западной части конструкции относительно восточной (рис. 5.3.7). В южной части сооружения отчетливо видны выбросы камней как вовнутрь, так и за пределы круга на расстояние до 1 метра.

#### Исследования подводных построек у села Курское

Подводные постройки близ с. Курское были известны давно. Так, военный губернатор Семиреченской области генерал-майор Г.А. Колпаковский, посетивший эти места в 1869 г., писал, что “...в одной сажени от берега, на глубине около одного аршина видны следы построек из обожженного кирпича. Трудно понять, какое назначение имели эти постройки, потому что стены, сложенные из кирпича, не замыкают какого либо пространства, а идут рядами параллельно одна другой на одинаковом, около одного аршина, расстоянии. Теперь видно три стены, идущие в почти перпендикулярном от берега направлении на такое расстояние, что глубина озера не позволяет проследить за ними” [Колпаковский, 1870]. Военный губернатор указывал также на большое количество кирпича, разбросанного вокруг этих стен. У самого же берега под водой лежала каменная баба – балбал.



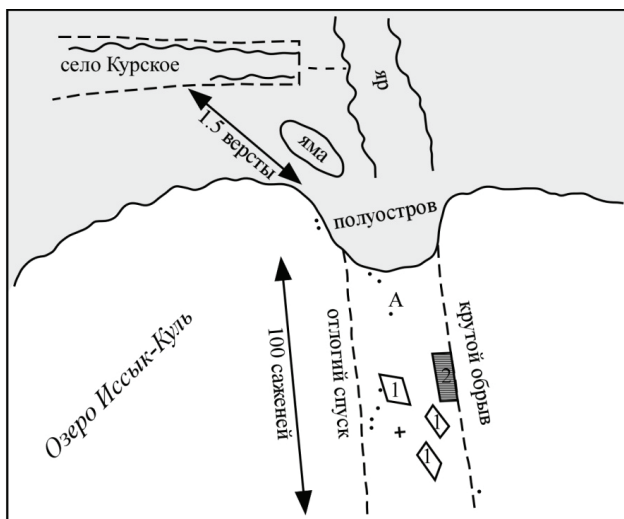
**Рис. 5.3.6.** Фото раскопа. Красная линия – сейсмогенный разрыв. Красная стрелка у подножия гор – местоположение нашей палеосейсмологической траншеи. Вид на север.▲



**Рис. 5.3.7.** Общий план сооружения по археологическим данным. 1) Упавшие камни, 2) камни находящиеся in situ, 3) Контур раскопа. 4) линия левого сдвига. ▲

В.В. Бартольд, в то время молодой еще сотрудник Санкт-Петербургского университета, при посещении Иссyk-Кульской котловины в 1894 г. вышеупомянутых построек не обнаружил [Бартольд, 1897]. За прошедшие 25 лет имела место значительная регрессия уровня озера – на 4.5 м. В связи с этим часть построек оказалась на берегу и была разобрана местными жителями для своих хозяйственных нужд. Будущий известный востоковед и российский академик обнаружил там лишь кирпичи, лежащие вдоль берега. Тем не менее, ссылаясь на данные Г.А. Копаковского, В.В. Бартольд высказал предположение, что затопленные озером руины — это остатки крепости, которая давно уже была известна по некоторым письменным источникам. Так, арабские авторы Ибн-Арабшах в XV в. и Мухаммед-Хайдар в XVI в. [Бартольд, 1897] писали о существовании в северной части акватории озера Иссyk-Куль какого-то большого острова с многочисленными укреплениями и жилыми домами. Эти сооружения использовал в XIV в. завоеватель Востока Тимур, который по одним сведениям держал на острове в заключении своих пленников, по другим - сам отдыхал здесь после бурных кровавых походов.

Наиболее детальные сведения о подводных постройках приводятся П.П. Ивановым, который обследовал их в 1927 г. К сожалению, материалы этих работ были опубликованы лишь после смерти исследователя в 1957 г. [Иванов, 1957]. П.П. Иванов привел примерный план расположения подводных археологических объектов (Рис. 5.3.8) и отметил, что глубина на подводной отмели, где располагались строения, доходила до 6-8 м. По опросам местных рыбаков, длина отмели достигает 2 км, а ширина - 600 м.



**Рис. 5.3.8.** Схематическая зарисовка урочища Кой-Суу (по [Иванов, 1957], с исправлениями). Ориентация рисунка – на север.

А – мель под водой - продолжение полуострова к югу. + – керамическая труба, извлеченная из воды с глубины около 1 сажени. 1 – кирпичный пол размером около 3x4 аршина, сложенный из квадратных кирпичей. 2 - настил из бревен размером 3x8 аршин. Точки – как бы обломленные деревянные столбы, толщиной около 5 дюймов и высотой около 1 сажени под водой. ◀

Исследователь [Иванов, 1957] указывал, что по мере удаления от берега разбросанных по дну кирпичей становилось все больше, а в некоторых местах они лежали целыми грудями. Вместе с кирпичами как разбитыми, так и целыми им также были замечены в некоторых местах кучи камней и обтесанные плиты, покрытые слоем известкового туфа. Во многих местах виднелись разбросанные груды костей не то животных, не то человека. Изредка встречалась целая глиняная посуда.

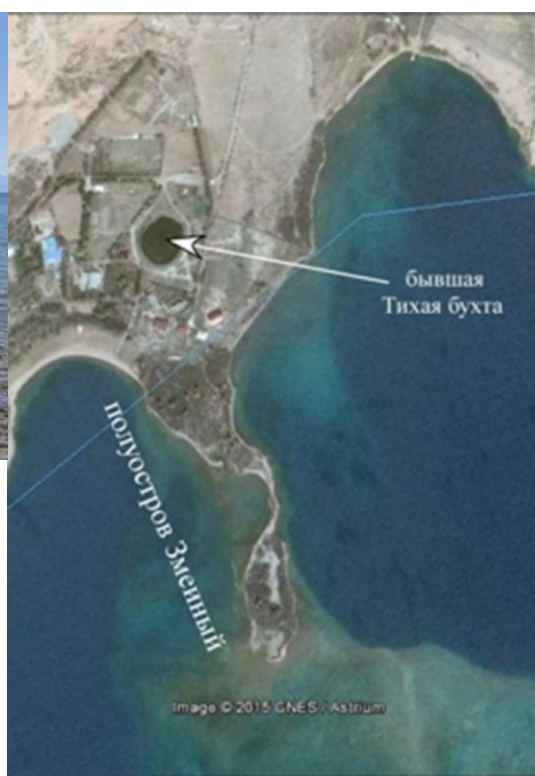
П.П. Иванов [1957] наблюдал под водой так называемые “мосты” - ряды бревен диаметром 17-22 см и длиной 3.0-3.5 м, которые были положены в ряд. В одном месте им было насчитано 19, а в другом 24 бревна. Прямоугольные бревенчатые площадки располагались под углом одна к другой в самых разнообразных направлениях. На юго-запад от бревенчатых настилов археолог отметил пол из квадратных кирпичей. Местами поверхность пола хорошо сохранилась и была свободна от всяких наносов, а кое-где кирпичи пола были выбиты и видно дно. Исследователь предположил, что бревенчатые площадки могут быть крышами каких-либо подземных помещений, располагавшихся на одном уровне с землей и поэтому хорошо сохранившихся. В пользу этого предположения отчасти говорит и то, что кирпичные полы находятся с деревянными настилами на одном уровне.

Следует отметить, что уровень воды в 1927 г. был на 3.5 м выше, чем сейчас. Сотрудниками Иссык-Кульского археологического отряда под руководством Д.Ф. Винника [Винник, 1961] были опрошены местные жители, которые также указывали на более высокий уровень озера в прошлом. Они на протяжении десятков лет поднимали со дна озера кирпичи и использовали их для кладки печей. Сотрудниками упомянутого отряда были также обнаружены разрушенные кумбезы (надмогильные памятники) у сел Чон-Сары-Ой и Курского, которые были выстроены из кирпича, взятого со стен подводных сооружений. Местные старожилы, особенно рыбаки, рассказывали археологам, что они часто находили под водой горшки, кувшины, медные котлы, ножи, зернотерки, жернова и многие другие предметы, сделанные из металла, глины и камня. Некоторые утверждали, что находили кирпичи и плиты с арабскими надписями, а также кирпича с отпечатками детской ноги и лапы собаки.

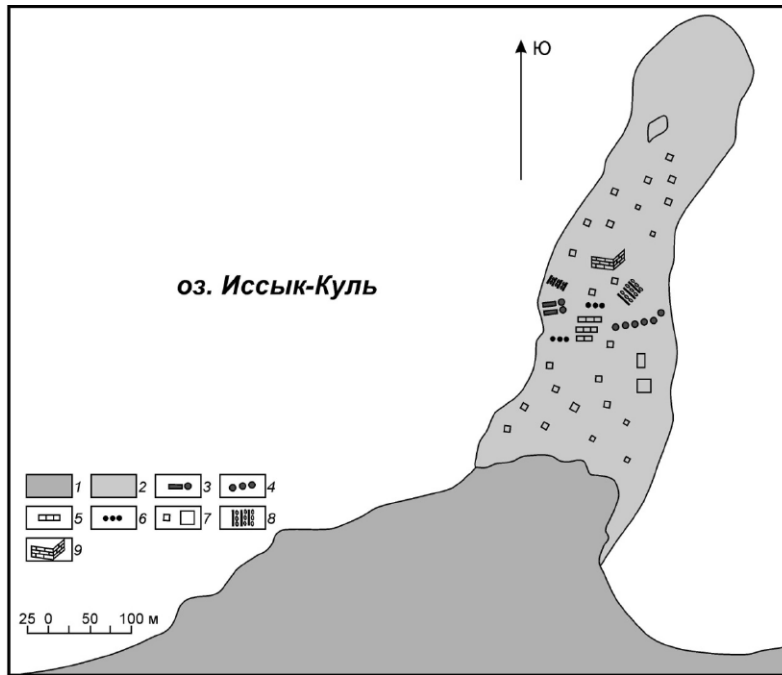
В настоящее время берег озера в описываемом районе составляет небольшой вытянутый в субмеридиональном направлении полуостров длиной в несколько сот метров и шириной в первые десятки метров (рис. 5.3.9, 5.3.10). К северу от него находятся корпуса бывшего пионерского лагеря “Чайка” Киргизского горнообогатительного комбината, превращенного в настоящее время в пансионат.



**Рис. 5.3.9.** Полуостров Змеиный (советское название - полуостров им. Валентина Котика) на северном побережье Иссык-Куля близ села Курское. Вид на юг ▲



**Рис. 5.3.10.** Космический снимок Гугл. Видны: полуостров Змеиный, территория пансионата Чайка и водоем – то, что осталось от “Тихой” бухты, где местные рыбаки укрывались от непогоды. ►



**Рис. 5.3.11.** План подводной отмели, существовавшей в 1959 г. по данным [Винник, 1961] с изменениями. 1 – берег, 2 – подводная отмель, 3 – бревенчатые настилы, 4 – изгородь, 5 – остатки стен, 6 – фундаменты стен, 7 – группы разбросанных кирпичей, 8 – каменные вымостки, 9 – постройка. ◀

На территории пансионата имеется водоем (рис. 5.3.10), который по данным Д.Ф. Винника [1961] в начале 20-х годов прошлого века соединялся с озером и представлял собой бухту, где укрывались рыбаки во время штормов. Во второй половине XIX – начале XX вв. вся территория пансионата была дном озера и покрыта водой. Именно где-то здесь и находились те три подводные стены, которые описывал Г.А. Колпаковский [1870].

Иссык-Кульским археологическим отрядом под руководством Д.Ф. Винника [Винник, 1961] был выявлен значительный песчаный береговой вал – прежний берег озера. Вал вытянут в субширотном направлении и проходит в 400 м севернее нынешней береговой линии. Высота его у пансионата Чайка – 5-8 м, к западу береговой вал постепенно снижается. Ширина вала доходит до 100 и более метров. На его поверхности изредка встречаются фрагменты керамики. Сотрудниками археологического отряда была отрисована длинная (до 1000 м) субмеридиональная подводная отмель (рис. 5.3.11), ширина которой у берега составляет 215 м. К югу она сужается, а затем опять расширяется. В связи со значительным 2-метровым падением уровня озера за прошедшие 55 лет, в настоящее время отмель превратилась в длинный полуостров (см. рис. 5.3.10).

По данным подводных исследований [Винник, 1961], с восточной стороны отмель имела крутые склоны глубиной до 6 м, спускавшиеся в залив, наибольшая глубина которого достигала 30 м. С западной стороны отмель имела пологие склоны, постепенно снижавшиеся и плавно переходившие в дно залива, глубина которого здесь достигала 20 м. На поверхности отмели подводными исследователями [Винник, 1961] были отмечены многочисленные развалы из обожженного кирпича размером 25×25×4 см, 25×25×5 см, 26×26×5 см, 26×26×6 см и 27×27×5 см. Строения, построенные их кирпичей подобных размеров, хорошо известны при раскопках, например, археологических памятников в Чуйской долине, где они датируются X-XII вв. н.э. [Бернштам, 1950; Труды..., 1950; Кожемяко, 1959]. Следует отметить, что те же пропорции кирпичей характерны и для более поздней тимуридской архитектуры конца XIV – нач. XV вв. [Насриддинов, 2014]. Кроме упомянутых, археологами под руководством Д.Ф. Винника были встречены несколько десятков кирпичей других размеров, торцовая часть которых была покрыта глазурью зеленого или голубого цветов, а также керамические плитки шестигранной и прямоугольной формы с рельефным орнаментом. Что, наряду с радиоуглеродным анализом, выполненным в 2013 г. позволяет также сузить дату постройки данного комплекса до конца XIV - начала XV в. Значительную группу находок составляют фрагменты гончарных водопроводных труб и керамических сосудов, которые были разбросаны по отмели. Встречались и кости животных.

Археологическим отрядом Д.Ф. Винника [1961] на расстоянии 212 м от берега с восточной стороны отмели была отмечена стена, сложенная из крупных камней размером 20×30 и



**Рис. 5.3.12.** Бревенчатый настил на подводной стене, сложенной из окатанных валунов. Зарисовка 1959 г. Д.Ф. Винника [1961].▲

**Рис. 5.3.13.** Выполненная нами, наземная фотография 2014 г. восточной стены, обнаруженной отрядом Д.Ф. Винника в 1959 г. [1961]. Вид на северо-восток. Видна 2-метровая веревочная разметка современного археологического раскопа совместной экспедиции Кыргызско-Российского славянского университета и Американского географического общества.▲

30×60 см и ориентированная по направлению СЗ-ЮВ. Стена расположена на крутом откосе отмели. Она была прослежена на расстояние до 4 м, при высоте 1.2 м. Следует отметить, что совместная археологическая экспедиция Кыргызско-Российского славянского университета (КРСУ) и Американского географического общества (АГО), работающая на раскопках описываемого района последние годы смогли расчистить стену лишь на глубину в 1.5 м. Во время работ Иссык-Кульского археологического отряда в 1959 г. [Винник, 1961] хорошо был виден СВ угол стены, большая же ее часть была перекрыта песком и галькой. На верх каменной стены выходили концы бревенчатого настила, состоящего из 18 жердей. Длина его составляла 5.2 м, ширина 3.3 м (рис. 5.3.12, 5.3.13). Толщина каждой жерди 7-15 см. Жерди настила были покрыты толстым слоем коряжника.

В 15 м к югу от первого настила подводными археологами был обнаружен второй бревенчатый настил на каменной стене, состоявший из 14 жердей, концы которых выходили к краю отмели. Д.Ф. Винник [1961] предполагал, что эта структура является продолжением стены, идущей от первой стены. Длина 2-го настила – 4.1 м, ширина – 2.3 м. Как в первом, так и втором настиле жерди лежат на расстоянии 10-15 см друг от друга. Не всплывают жерди потому, что еще до погружения на них был насыпан толстый слой земли и камней. С помощью радиоуглеродного метода киргизско-американской группой было получено более 20 датировок по абсолютному возрасту жердей. Все они укладываются в один возрастной ранг: конец XIV - начало XV вв. н.э. (устное сообщение В.В. Плоских - участника экспедиции КРСУ-АГО).

Трудно себе представить, что подобные значительные фортификационные (судя по многометровой толщине каменных стен не типичных для Прииссыккуля) сооружения возводились в воде. Скорее всего “произошла катастрофа” [Винник, 1961] и все постройки в данном месте оказались под водой. Слой рыхлого грунта и камней постепенно размывался, и жерди покрывались слоем коряжника, цементирующего их. По замерам сотрудников Иссык-Кульского археологического отряда оба бревенчатых настила находились на одном уровне, что подтверждает предположение П.П. Иванова [1957], о том, что жерди являлись основой для крыши какого-то подземного сооружения.

В 20 м к западу от описанных выше бревенчатых настилов Иссык-Кульским археологическим отрядом [Винник, 1961] были выявлены остатки трех широтных стен. В каждой из них сохранились лишь первые 1-2 слоя кирпичей. Длина 1-й стены – 10 м, второй – 9 м, третьей – 7 м. Рядом с первой и второй стенами исследователи обнаружили по одному столбу, верхние части которых возможно были обуглены.

В 70 м от второго настила подводные археологи [Винник, 1961] обнаружили остатки постройки, у которой сохранились лишь северная и западная стена и то не полностью. Следов восточной и южной стен обнаружить не удалось. Сохранившиеся стены сложены из обожженного кирпича размером 25×25×5 см. Длина северной стены - 7.4 м, высота - 0.3-0.5 м. Эта стена в двух местах имеет сквозные вертикальные трещины шириной 5-12 см. Верх стены по

всей длине покрыт толстым слоем ракушечника. Западная стена длиной 3.3 м сильно разрушена. Высота ее у места соединения с северной стеной 0.3 м. В других местах она ниже. Ширина обеих стен – 0.5 м. В 10 м южнее описанного строения под песком и илом были найдены 3 жерди длиной 3.2 м и толщиной 8-11 см, по-видимому, являвшиеся перекрытием для крыши. Вокруг было разбросано большое количество кирпичей.

Обследование развалин у села Курское подводными археологами [Винник, 1961] показало, что подводная отмель, на которой они находятся, в средние века была сушей. В.В. Бартольд [1897] и П.П. Иванов [1957] высказывали предположение о том, что этот остров оказался под водой в результате катастрофического землетрясения. Иссык-Кульским отрядом было произведено разведочное обследование дна озера во многих местах вдоль северного побережья. Однако, в других местах такого обилия остатков средневековых построек, как это было зафиксировано в районе села Курское, им обнаружить не удалось. Таким образом, работы отряда подтверждают точку зрения В.В. Бартольда и П.П. Иванова.

Водолазы Иссык-Кульского отряда [Винник, 1961] обследовали также дно озера в 1 км западнее от вышеописанных подводных строений. Так, на участке, прилегающем к территориям бывших пионерских лагерей Министерства водного хозяйства и Геологического управления Киргизской ССР (“Геолог”), ими было найдено около сотни фрагментов станковой посуды X-XII вв. н.э., обожженные кирпичи размером 25×25×4 см, кости людей и животных. Отдельные артефакты были найдены исследователями на расстоянии до 200 м от берега на глубине до 5 м.

Современный участок дна озера, прилегающий к бывшим пионерским лагерям и обследованный подводными археологами [Винник, 1961], был отделен от подводной отмели впадиной, глубина которой достигала 20 м. Исследуя рельеф дна, сотрудники Иссык-Кульского отряда предположили, что и здесь в древние и средние века существовал заселенный полуостров, который простирался вглубь озера на значительное расстояние. Об этом убедительно свидетельствуют найденные ими здесь артефакты. Вследствии повышения уровня озера или опускания его прибрежной полосы полуостров оказался под водой.

Еще западнее бывшего пионерского лагеря “Геолог” на берегу и на дне озера археологи [Винник, 1961] обнаружили множество фрагментов керамических сосудов, изготовленных преимущественно на гончарном круге, некоторые с поливой. По сведениям местного рыбака С.И. Гайворонского и других жителей, опрошенных исследователями, в этом районе в 1930-х гг. на дне озера была видна постройка, имеющая дверной проем и сложенная из обожженного кирпича. Находилась она тогда на расстоянии в 100-150 м от берега, напротив рыболовецкого стана.

В этом районе также проводились подводные раскопки [Винник, 1961]. Археологами было заложено 4 шурфа длиной до 2 м и шириной 0.5 м. Слои песка, ила, галечника и коряжника в месте раскопок достигали мощности 1 м. При обследовании водолазами дна озера и при раскопочных работах были найдены кувшин, каменная зернотерка, верхняя часть кувшина с петлеобразной ручкой, большое количество других изделий, аналогичных керамике, собранной на берегу и датируемой XV вв. н.э. Кувшин и зернотерка были найдены подводными археологами в 200 м от берега и на глубине – 3 м. Кроме того, на дне озера ими были обнаружены многочисленные кости животных, в том числе и обработанные человеком. Следует отметить, что фрагменты средневековой керамики были отмечены исследователями по дну озера и вдоль берега на расстоянии 3 км: от границы бывших пионерских лагерей – до села Чон-Сары-Ой.

Сотрудниками Иссык-Кульского археологического отряда [Винник, 1961] были проведены раскопочные работы и на берегу озера в местах наибольшего скопления фрагментов керамики. Ими пройдены 5 траншей длиной до 50 м и шириной до 4 м. Все раскопы были остановлены на глубине 0.8-1.0 м, так как в них начинали выступать грунтовые воды. Тем не менее, в результате работ исследователями было обнаружено много наносных фрагментов керамики, аналогичной той, что была собрана на дне озера.

#### ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Существование хорошо выраженного в рельефе уступа вдоль подножия активно поднимающегося горного фронта хребта Кунгей Ала-Тоо может означать лишь одно – юность и сейсмическое происхождение названной структуры. Молодой возраст сеймотектонической формы рельефа подтверждается деформацией на его склоне тюрского-караханидского кургана (рис. 5.3.4) – VII-XIII вв. н.э. [Зяблин, 1959]. Таким образом, сейсмическое событие имело место не ранее чем в VII в. н.э., то есть после погребального обряда.

Смещение кромлеха также можно датировать археологическими методами. Его строительство самое раннее было осуществлено саками (скифами). То есть подвижка произошла не ранее VII в. до н.э. – времени прихода сакских племен в Иссык-Кульскую котловину.

Исследованная нами палеосейсмологическая траншея имеет очень простое строение. В ней мы обнаружили и задокументировали лишь один простой сейсмогенный разрыв, вышедший на поверхность. Величина смещения по нему составила 1.6 м, что соответствует землетрясению с  $M_S \geq 7$  [Стром, Никонов, 1997] и интенсивности колебаний  $I_0 \geq IX$  баллов.

П.П. Иванов [1957] совершенно справедливо указывает, что опускание Змеиного полуострова было катастрофическим – во время одного из сильных землетрясений. Он соглашается с В.В. Бартольдом [1897] и Л.С. Бергом [1904], которые указывали, что опускания дна было быстрым, иначе жители успели бы унести с собой многочисленную утварь и ценные вещи, находимые в настоящее время под водой и выбрасываемые на берег. Под водой, а также на берегу находят и большое количество человеческих скелетов и костей. Археолог приводит материалы об опусканиях береговой полосы во время сильных землетрясений конца XIX – начала XX вв. Так, при Верненском землетрясении 1887 г. на северном берегу озера, около станции Чолпон-Ата “близстоящий берег Иссык-Куля, на протяжении сотен сажен, опустился ниже своего прежнего уровня и погрузился под воду” [Туркестанские ведомости, 1887; Берг, 1904]. При Чиликском землетрясении 1889 г. также было отмечено, что в некоторых местах берег понизился и уменьшился, а уровень воды повысился [Зеланд, 1891; Бартольд, 1897; Берг, 1904 и др.]. В подтверждение вышесказанного свидетельствуют уже упоминавшиеся факты значительных опусканий береговой зоны, имевших место при Кебинской катастрофе 1911 г. ( $M_W = 7.9$ ,  $I = X-XI$  баллов) [Богданович и др., 1914].

Выше приведены случаи опускания береговой полосы при удаленных землетрясениях. Что же будет с побережьем озера, если сильное землетрясение произойдет на расстоянии лишь в 5-7 км к северу от береговой линии?! Таким образом, опускание Змеиного полуострова/острова под воду можно считать доказанным. Когда же произошло это событие?

Мы уже указывали, что имеется значительное количество радиоуглеродных датировок, полученных командой Американского географического общества по бревенчатым настилам на Змеином полуострове. Все они укладываются во временной интервал конец XIV-го – начало XV-го вв. н.э. Таким образом, землетрясение произошло позднее. Литературные и архивные материалы по археологии Иссык-Кульской впадины [Иванов, 1957; Биосферная..., 2002] указывают на 2 периода заселения городов в котловине X-XII и XIII-XIV (изредка до XV) вв. н.э. В XVII в. здесь проходят калмыки, а с XVIII в. начинается современная киргизская история заселения этого края. “Немым” остается лишь XVI в. Эра моголов уже закончилась, а калмыки еще не пришли. Ни до, ни после этого времени в скудной исторической литературе по исследованному региону информации о сильных землетрясениях не встречается. Остается предполагать, что сильное землетрясение, произошедшее в конце XV или начале XVI вв. н.э. (или их серия), поставило “жирный крест” на остатках земледельческой цивилизации Прииссыккуля. Оно полностью разрушило политическую, административную и военную структуру региона, что позволило племенам калмыков пройти описываемый регион как нож через масло, практически не встречая серьезного сопротивления местных жителей.

#### 5.4. Туюкдарский (Комсомольский) участок сейсмодислокаций

(№ II на рис. 5.1).

Нарушения приурочены к зоне Культорского разлома - южного ограничения хребта Кунгей Ала-Тоо и представлены разрозненными срывами в неогеновых отложениях, редкими срывами и трещинами в рыхлых склоновых отложениях с поверхностным захватом коренных палеозойских пород [Утиров, 1993]. Протяженность стенок отрыва срывов в неогеновых толщах колеблется от 5 м до 800-900 м при высоте от 2-3 до 10 м, срывы и трещины, которые захватывают коренные породы (граниты), находятся северо-западнее нарушений, образованных в неогеновых отложениях и имеют протяженность стенки отрыва около 150 м при высоте до 20 м. Кроме дислокаций в коренных породах Г.А. Шмидт [1977] указывает на сейсмогравитационные образования в кайнозойских отложениях, распространенных между городами Чолпон-Ата и Бозтери. На этом отрезке И.В. Мушкетовым [1890] были описаны сейсмооползни, образовавшиеся во время Верненского землетрясения 1887 г. на полуострове Чолпоната и севернее пгт. Бозтери. Во время же Кеминского землетрясения 1911 г. в неогеновых глинах образовались крупные обвалы (г. Ополотоо, Туюкжарык).

Общая протяженность участка 13 км.

**5.5. Чон-Аксу - Аксуйский участок сейсмодислокаций (№ 12 на рис. 5.1)**

Участок находится в одноименных речных долинах, приуроченных к единому грабену [Чаримов и др., 2005]. Тектонические и сеймотектонические процессы сыграли роль в развитии рельефа в грабене – здесь проявились внутренние поднятия и другие формы. В долинах рек Аксу и Чон-Аксу сейсмодислокации в основном образованы при Кебинском (Кеминском) землетрясении 1911 года (рис. 5.5.1) и тяготеют к Восточно-Кунгейской мегантиклинали. В основном здесь распространены сейсморазрывные дислокации, они представлены рвами, трещинами и сейсмоуступами в коренных и рыхлых отложениях. Встречаются также и сейсмогравитационные деформации.

Разрыв поверхности вдоль Чон-Аксуйского и Аксуйского (восточного) сегментов Кебинского (Кеминского) землетрясения 1911 г.

Кебинское (Чон-Кеминское) землетрясение 1911 г. является одним из величайших внутриконтинентальных надвиговых событий, произошедших в историческое время. Землетрясение сгенерировало 200-километровую субширотную зону разрывов в Северном Тянь-Шане. Описание характеристик наиболее сильных исторических землетрясений, таких как Кебинское событие, является очень важным, так как оно является уникальным источником информации об основных сеймотектонических дислокациях и их первоначальной геоморфологической деградации, и таким образом, является основой для палеосейсмогеологических исследований. Более того, геометрия разрыва и изменения величин смещений вдоль трассы разрыва являются ключевыми параметрами для интерпретации сеймотектонической обстановки и механических взаимоотношений с другими структурами региона. Отношение Кебинского землетрясения к другим крупным региональным катастрофам, таким как Верненское (1887 г.,  $M_s = 7.3$ ) и Чиликское (1889 г.,  $M_s = 8.3$ ) сейсмические события, указывает на устойчивое взаимодействие между структурами этой части Тянь-Шаня. Вслед за Дельво и др. [2001] мы исследовали большую часть разрыва Кебинского землетрясения и связанные с ним сейсмогравитационные движения масс и пришли к выводу, что большая часть сейсмодислокаций 1911 года сохранилась хорошо до сих пор [Arrowsmith et al., 2005].

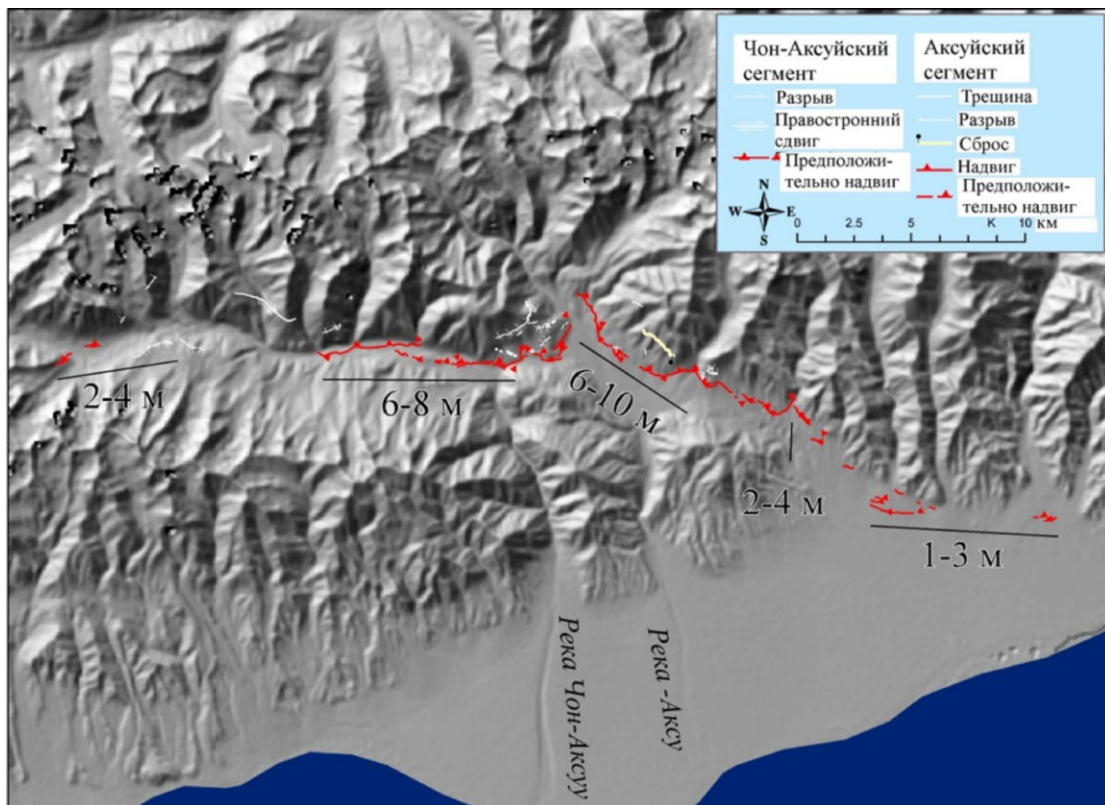


Рис. 5.5.1. Сводка по величинам смещений по Чон-Аксуйскому и Аксуйскому сегментам разрыва Кебинского (Кеминского) землетрясения (по [Arrowsmith и др., 2004], с изменениями). ▲



Мы сконцентрировались на картировании и описании [Arrowsmith et al., 2004] (см рис. 5.5.1) восточной 50-километровой части разрыва землетрясения 1911 г. вдоль Аксуйского (самого восточного) и Чон-Аксуйского сегментов [Дельво и др., 2001]. Двигаясь с востока на запад, прерывистый сейсмоуступ 1-3-метровой высоты сечет предгорную равнину и голоценовые террасы к северу и СВ от райцентра Ананьево. Трасса разрыва прослеживается близ горного фронта и подходит к хребту под Ананьевским обвалом (рис. 5.5.2), сформированным во время Кебинского землетрясения. Высота уступа 2-3 м. Нам представляется, что прерывистость разрыва является изначальной, а не следствием деградации сейсмоуступа со временем. Западнее р. Тегерменты разрыв в некоторых местах представлен в виде многочисленных левосторонних субпараллельных кулис. Между Сютубулаком и местом пересечения р. Аксуу наблюдается один из наиболее значительных уступов высотой до 8 м. Обычно падающая к северу зона разлома имеет пологое южное падение близ поверхности, так как висячее крыло надвига надвигается на предгорную равнину, имеющую южный уклон. Это изменение в падении, вероятно, ответственно за образование субширотных сбросов в висячем крыле в нескольких десятках-сотнях метров к северу от главной плоскости разлома. Значительный родниковый комплекс маркирует разрыв 1911 г. в урочище Ташбулак. Учитывая пологое падение плоскости разлома и высоту сейсмоуступа в данной местности, амплитуда смещения по разрыву 1911 г. составило более 10 м (рис. 5.5.3).



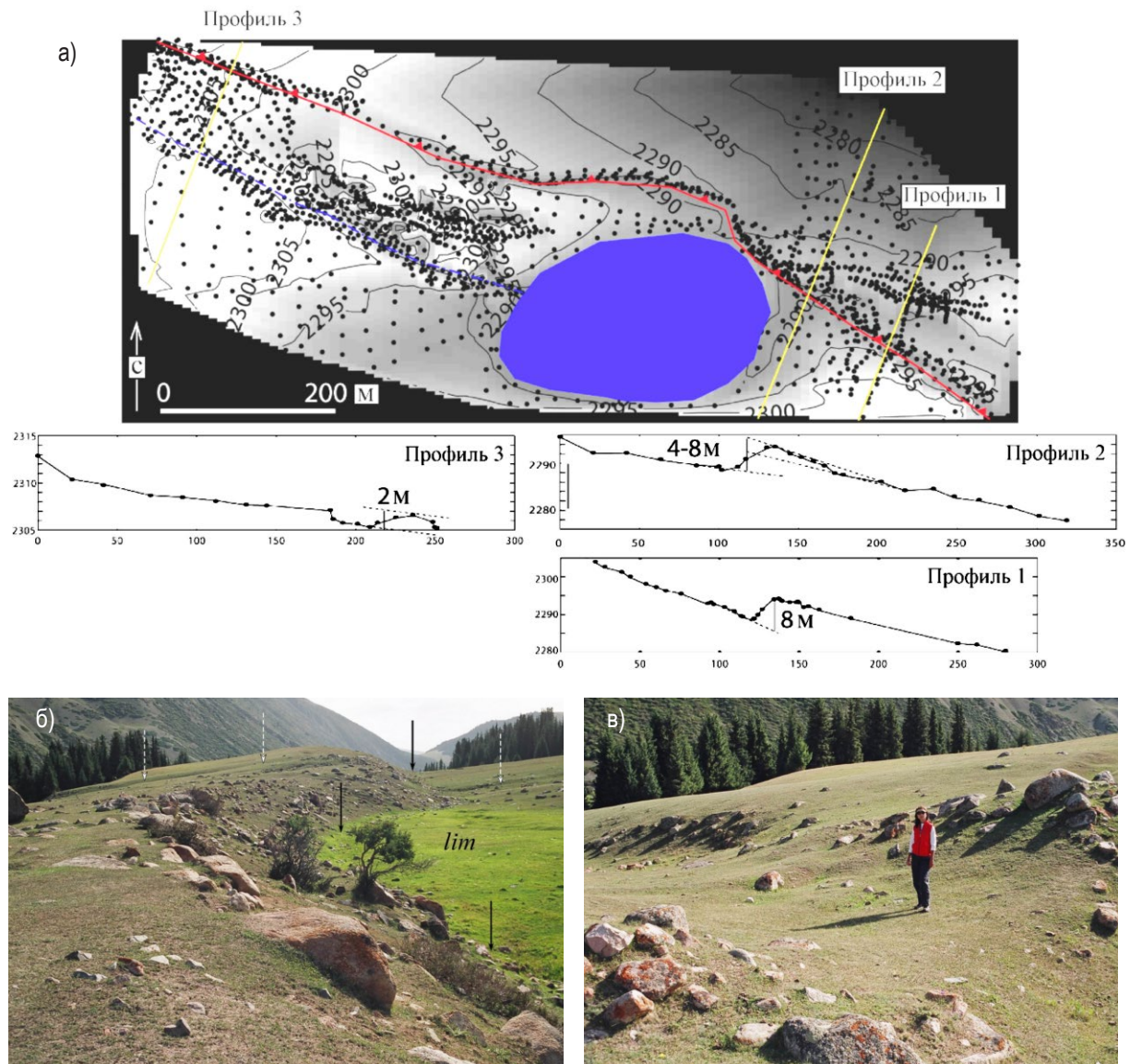
**Рис. 5.5.2.** “Ананьевский” обвал, сошедший во время Кебинского землетрясения 1911 г. (фото R. Arrowsmith, 2004). Он находится между ручьями Тегирменты и Байсорун. Связан с внутренним сместителем Северо-Аксуйского краевого разлома, который ограничивает с севера Чон-Аксуйский рамповый грабен, а восточнее ограничивает Центрально-Кунгейскую мегантиклиналь от Иссык-Кульской впадины [Чедия, 1986]. Срыв произошел в гранитоидах. Диаметр воронки отрыва – 1 км, длина обвальной массы – 1.5 км, ширина – 1 км, мощность – 25-30 м, объем – 450 млн. м<sup>3</sup>. ▲



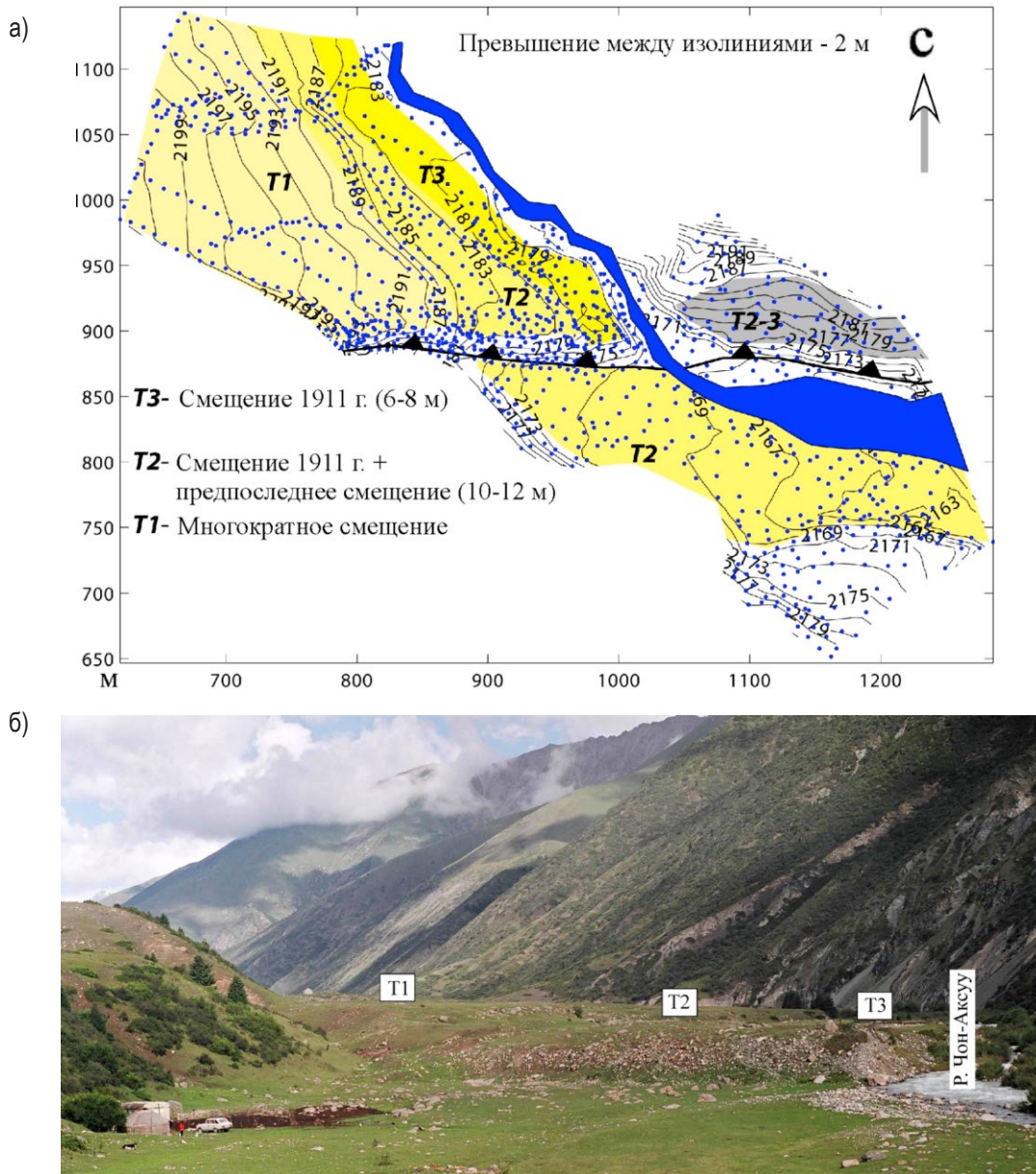
**Рис. 5.5.3.** Сейсмоуступ (показан стрелками), образовавшийся во время вспарывания очага землетрясения 1911 г. в урочище Таш-Булак. Аксуйский сегмент разрыва. Вид на север. ▲

Чон-Аксуйский сегмент начинается после 5-километровой левосторонней брешы и продолжается через пер. Кок-Бель на запад - в долину р. Чон-Аксуу. Высота сейсмоуступа здесь 2-4 м [Arrowsmith et al., 2004]. По стенам небольшого загона для скота, смещенному во время землетрясения 1911 г., не видно никаких сдвиговых подвижек. В районе перевала Кок-Бель висячее (СЗ) крыло разлома сечется многочисленными крутыми разрывами СВ простирания, маркируемыми на поверхности ясно выраженными и прямолинейными сейсмоуступами. Последующие 9 км Чон-Аксуйского сегмента представляют собой наиболее выразительные морфоструктуры, созданные разрывом 1911 г. Висячие крылья уступов обычно расположены ниже по склону, их высота – 6–8 м. Эти уступы представляют собой куполообразные поднятия, деформирующие плейстоценовые речные террасы. Два тектонически подпруженных озера были сформированы во время землетрясения 1911 г. (рис. 5.5.4).

Долина р. Чон-Аксуу в месте пересечения ее сейсмоуступом была разорвана: ее участок вверх по течению был вздернут на 6 м (рис. 5.5.5). В верховьях долины р. Чон-Аксуу трасса разрыва выражена хуже в связи с интенсивной речной, перигляциальной и ледниковой дея-



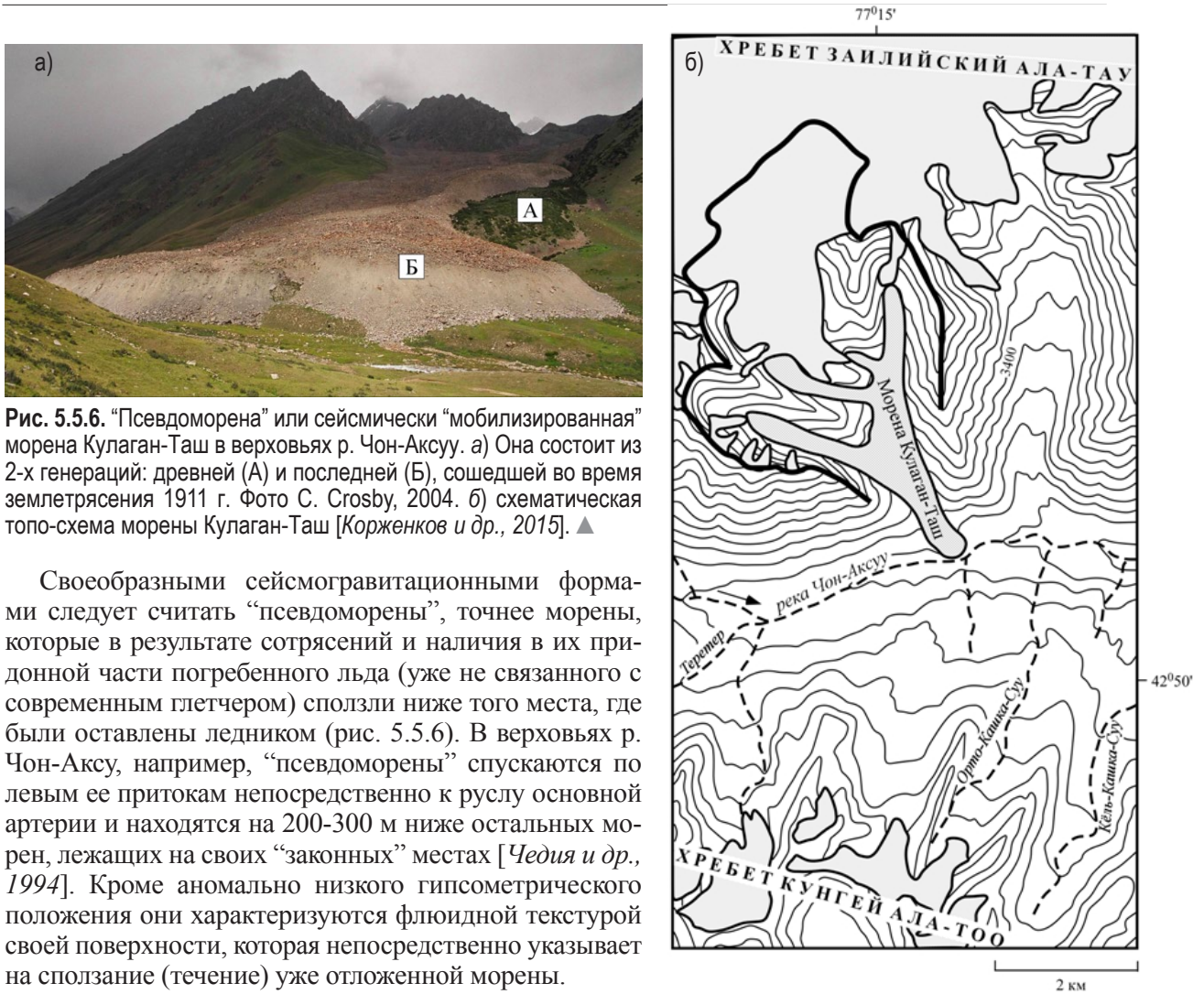
**Рис. 5.5.4.** Нижнее озеро, образовавшееся после землетрясения 1911 г. на правом склоне долины р. Чон-Аксуу (по [Arrowsmith et al., 2004], с изменениями) (а). Взброшенное крыло разрыва (показано клювиками) расположено ниже по склону. Сейсмоуступ (черные стрелки по подножию уступа) подпрудивший нижнее озеро в долине р. Чон-Аксуу (б). Вид на восток в районе профилей 1-2 на (рис. 5.5.4 а.) Белые штриховые стрелки маркируют брошенную долину сая, впадавшего в Чон-Аксуу до землетрясения 1911 г. Заболоченное пространство перед уступом (lim) – озерно-болотные отложения, образовавшиеся в связи с тектоническим подпруживанием. Фото А. М. Корженкова, 2004 (в). Ветровая брешь (брошенный участок долины сая) во вздернутом крыле сейсмоуступа, образовавшаяся после землетрясения 1911 г. Для ориентировки см. этот же рис. (б). Фото А.М. Корженкова, 2004. ▲



**Рис. 5.5.5.** Топографическая карта смещений по разрыву, пересекающему р. Чон-Аксуу (по [Arrowsmith et al., 2004], с изменениями) (а). Вид на сейсмоуступ (показан стрелками), пересекающий р. Чон-Аксуу (б). Вид на ЗСЗ. Для ориентации см. этот же рис. (а). Фото А.М. Корженкова, 2004. ▲

тельностью. Хорошо сохранились трещины на вершинах хребтов и отрогов в южной части долины в районе обвала Кулаган-Таш. Однако возникли они как первичные разрывы или в связи с сотрясением, вызвавшим оседание грунта, осталось не выясненным. На протяжении 5 км западнее Кулаган-Таша мы не встретили дислокаций, которые могли бы однозначно быть определены как сейсмогенный разрыв, за исключением верховий долины р. Чон-Аксуу, ниже одноименного перевала, где смещение 1911 года составило 4–5 м [Arrowsmith et al., 2005]. 10-километровая правосторонняя брешь разделяет Чон-Аксуйский сегмент от Чон-Кеминского сегмента разрыва.

Одновременно с сейсмодислокациями, образованными во время землетрясения 1911 г., на исследованной территории мы наблюдали также сеймотектонические и сейсмогравитационные дислокации, относящиеся к палеокатастрофам. В отдельных местах сеймотектонических разрыв 1911 г. “нарастил” существовавшие ранее сейсмоуступы (например, верхнее подпруженное озеро в долине р. Чон-Аксуу). Эти наблюдения подтверждают предположение о повторяемости сильных землетрясений (по крайней мере) в голоцене и позднем плейстоцене вдоль Аксуйского краевого разлома Иссык-Кульской впадины, который был активизирован во время сейсмического события 1911 г.



**Рис. 5.5.6.** “Псевдоморена” или сейсмически “мобилизованная” морена Кулаган-Таш в верховьях р. Чон-Аксу. а) Она состоит из 2-х генераций: древней (А) и последней (Б), сошедшей во время землетрясения 1911 г. Фото С. Crosby, 2004. б) схематическая топо-схема морены Кулаган-Таш [Корженков и др., 2015]. ▲

Своеобразными сейсмогравитационными формами следует считать “псевдоморены”, точнее морены, которые в результате сотрясений и наличия в их придонной части погребенного льда (уже не связанного с современным глетчером) сползли ниже того места, где были оставлены ледником (рис. 5.5.6). В верховьях р. Чон-Аксу, например, “псевдоморены” спускаются по левым ее притокам непосредственно к руслу основной артерии и находятся на 200-300 м ниже остальных морен, лежащих на своих “законных” местах [Чедия и др., 1994]. Кроме аномально низкого гипсометрического положения они характеризуются флюидной текстурой своей поверхности, которая непосредственно указывает на сползание (течение) уже отложенной морены.

**ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕНЧИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДОЛИНЕ Р. ЧОН-АКСУ**

До начала наших тренчинговых исследований известны две попытки вскрытия траншеями сейсмоуступов в долине р. Чон-Аксу. В 1998 г. с целью определения возраста и периода повторяемости сейсмических событий в исследуемом районе Г. Михелем и В. Михайлёвым была пройдена палеосейсмологическая траншея вкост одного из сейсмоуступов 1911 г., приблизительно в 1.3 км юго-восточнее нижнего озера [Korjenkov et al., 2006b]. Траншея, ориентированная с юго-запада на северо-восток, располагалась в основании уступа. Она имела протяженность 10 м и глубину от 2.5 до 4.3 м. В юго-восточной стенке траншеи по смещению слоев и наличию коллювиальных клиньев были задокументированы разломные плоскости двух сейсмических событий: 1) плоскость взброса землетрясения 1911 г., падающая под углом 65° по азимуту 47°; 2) плоскость взброса с углом падения 45°, соответствующая палеоземлетрясению и смещающая коллювий с возрастом 28860-28480 лет назад и палеопочву с радиоуглеродными возрастом 10215-9890 лет назад. В качестве коллювиального клина этого древнего события рассматривается слой сильно выветрелой почвы, насыщенный коллювиальным материалом и имеющий <sup>14</sup>C возраст 4160-3830 лет назад.

В 1999-2000 годах международной командой исследователей палеосейсмологической траншеей вскрыт один из многоактных палеосейсмоуступов высотой около 19 м, подновленный во время землетрясения 1911 г. [Абдрахматов и др., 2013]. Координаты южного окончания траншеи, измеренные нами, - N=42.83751°, E=077.36522°, Alt=2488 м, точность измерения GPS-координат ± 9 м. В стенках траншеи, ориентированной с юга на север, были обнаружены свидетельства 4-х событий, приведших к вспарыванию разлома. Возраст наиболее древнего события превышает 19500-20000 лет, а в результате него, по мнению исследователей, возникла тектонически-подпруженное озеро, подобное нынешнему верхнему озеру. Отложения этого озера имеют возраст 18029 - 17590 до н.э. Коллювиальный клин второго события перекрыт мощным однородным суглинком с AMS-датировкой в средней части 3370±50 лет назад (1739

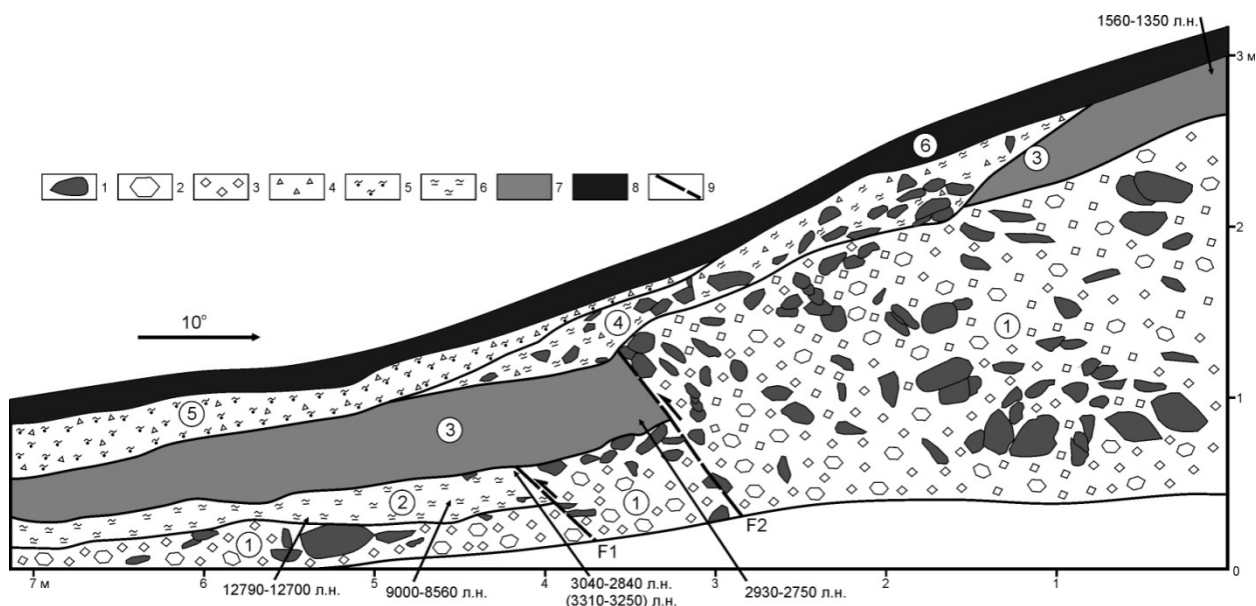
– 1611 лет до н.э.). Коллювиальный клин третьего палеоземлетрясения включает блоки палеопочвы, залегающей поверх упомянутых выше суглинков. Радиоуглеродные возрасты проб палеопочвы имеют значения  $300 \pm 30$ ,  $310 \pm 80$ ,  $300 \pm 70$ ,  $340 \pm 70$  лет назад (1484 – 1661 гг. н.э.). Наконец, в разрезе зафиксирован коллювиальный клин Кеминского землетрясения 1911 г. и соотносимые с этим событием древоподобные кластические дайки в опущенном крыле.

Резюмируя исследования предшественников, отметим, что их исследованиями доказано, что многие сейсмоуступы в долине р. Чон-Аксу сформировались в результате нескольких землетрясений. Но вместе с тем не было получено узких интервалов, датирующих сами сейсмические события. Мы попытались восполнить этот пробел.

В мае 2014 г. в долине р. Чон-Аксу выше нижнего озера в нижней части сейсмоуступа высотой 6 м нами была пройдена палеосейсмологическая траншея, ориентированная с юга на север по азимуту  $10^\circ$ . Южное окончание траншеи имеет координаты:  $N=42.83971^\circ$ ,  $E=077.38855^\circ$ ,  $Alt=2372$  м (точность измерения GPS-координат  $\pm 4$  м). Произведено документирование западной стенки траншеи, протяженностью 7.15 м (рис. 5.5.7). Здесь в стратиграфической последовательности на глубину до 2.8 м вскрываются:

*Слой 1.* Серый грубообломочный слой, представленный отломами, валунами и щебнем, иногда плохо окатанной галькой в песчано-дресвяном и супесчаном заполнителе. Коллювий с присутствием пролювиального материала. Мощность более 2.3 м.

*Слой 2.* Светло-коричневый слабогумусированный в верхней части суглинок. Лимный переходящий в палеопочву. Мощность до 0.3 м. Согласно перекрывает отложения слоя 1. Из небольшой линзы (протяженность 20-30 см) светло-желтого суглинка без примеси гумуса, расположенной в основании слоя отобраны раковины гастропод *Vithynia* sp. (образец DEKG-2014-9, определения И.И.Тетериной). Радиоуглеродный возраст раковин, определенный AMS методом составил  $10870 \pm 60$  BP (Poz-66171). Калиброванный возраст - 12790–12700<sup>1</sup> лет назад. Из средней части слоя отобран образец слабогумусированного суглинка AKS-1. Его радиоуглеродный возраст составил  $7910 \pm 170$  (Vs-2545), калиброванный возраст 9000–8560 лет назад. В восточной стенке траншеи, в прикровельной части слоя, непосредственно под надвиговой плоскостью F1, обнаружены фрагменты скелета *Ovis* sp. (определения А.В.Шпан-



**Рис. 5.5.7.** Западная стенка палеосейсмологической траншеи в долине р. Чон-Аксу, в районе нижнего озера. 1 – наиболее крупные отломы и валуны; 2 – отломы; 3 – щебень; 4 – дресва; 5 – супесь; 6 – суглинок; 7 – бурый гумусированный суглинок (палеопочва), 8 – современная бедная гумусом горная почва; 9 – разломы. ▲

<sup>1</sup> Определения радиоуглеродных возрастов выполнены в лаборатории Ядерной геофизики и радиоэкологии Государственного научно-исследовательского института “Центр природных исследований” (Вильнюс, Литва) профессором Й. Мажейка. Определения радиоуглеродных возрастов AMS методом выполнены в Радиоуглеродной лаборатории г. Познань (Польша, руководитель профессор Tomasz Goslar). Калиброванный возраст рассчитан с использованием программного обеспечения OxCal 4.2 [Bronk Ramsey C., 2013] и калибровочной кривой IntCal2013 [Reimer et al., 2013].

ского) образец (AKS-4). Радиоуглеродный возраст костного материала составил  $2815 \pm 90$  (Vs-2547), калиброванный возраст 3040–2840 лет назад. Независимое датирование костного материала AMS методом дало несколько более древний возраст -  $3090 \pm 30$  BP (Poz-66569), калиброванный возраст 3310 – 3250 лет назад. Отложения слоев 1 и 2 смещены по плоскости F1, которая падает на север под углом  $42^\circ$ . В результате смещения в висячем крыле взброса отложения слоя 2 уничтожены последующей денудацией. Взбросовая подвижка запакована сверху слоем 3.

*Слой 3.* Бурый гумуссированный суглинок. Палеопочва. Мощность до 0.5 м. В основании слоя отобран образец AKS-2, радиоуглеродный возраст которого составил  $2720 \pm 90$  (Vs-2548), калиброванный возраст 2930–2750 лет назад. Для средней части слоя получена радиоуглеродная дата (образец AKS-3) в  $1575 \pm 100$  (Vs-2549), калиброванный возраст 1560–1350 лет назад.

Отложения слоев 1 и 3 смещены по плоскости F2, которая падает на север под углом  $55^\circ$ . В результате подвижки нарушается целостность слоя 3. Очевидно, что эта подвижка соотносится с моментом формирования современного облика сейсмоуступа, а взброс является одной из плоскостей разрывов Кеминского землетрясения 1911 г. Следующие два слоя следует рассматривать в качестве коллювиального клина Кеминского землетрясения.

*Слой 4.* Коричневый суглинок комковатый с включением крупнообломочного материала и дресвы, с пятнами, обогащенными органическим материалом. Коллювиально-делювиальные образования. Мощность до 0.35 м. Срезает отложения слоев 1 и 3.

*Слой 5.* Желтовато-серая супесь с включением дресвяного материала. Делювий. Мощность до 0.3 м. Срезает отложения слоя 5.

*Слой 6.* Современная бедная гумусом горная почва. Мощность до 0.25 м.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Проведенные исследования сейсмодислокаций, связанных с активизацией Аксуйского разлома при катастрофическом Кеминском землетрясении 1911 г., показали наличие большого количества первичных и вторичных палеосейсмодислокаций. В пройденной нами палеосейсмологической траншее удалось, помимо взбросовой подвижки (плоскость F1) Кеминского землетрясения 1911 г. и соответствующего ей коллювиального клина, выявить взбросовое смещение - результат палеоземлетрясения, произошедшего около 3000 лет назад (плоскость F2). Более того, наличие лимнических отложений в основании слоя 2, подтверждаемых, в том числе, и присутствием раковин пресноводных гастропод рода *Bithynia*, позволяет нам предполагать наличие древнего тектонически-подпрудного озера, подобного нынешним подпрудным озерам в долине р. Чон-Аксу. Вероятнее всего, такая тектоническая подпруда могла сформироваться в результате формирования палеосейсмоуступа при сильном землетрясении на рубеже около 12700 лет назад.

Наши результаты хорошо согласуются и уточняют палеосейсмологические исследования Г. Михеля и В. Михайлёва. С учетом их построений, полученных нами и ранее радиоуглеродными возрастными данными следует, что в долине Чон-Аксу после землетрясения на рубеже 12700 лет назад накапливались лимнические отложения и палеопочва в течение нескольких тысяч лет. После чего фиксируются два события относительно сближенных события на рубеже 4000 (палеособытие, зафиксированное Г. Михелем и В. Михайлёвым) и около 3000 (палеособытие, зафиксированное нами) лет назад.

Дополняют картину сейсмической активности Аксуйского разлома данные из работы [Абдрахматов и др., 2013]. Они, во-первых, свидетельствуют о возможном древнем землетрясении на рубеже 19500-20000 лет назад, во-вторых, указывают на землетрясение (самостоятельное или коррелирующееся с зафиксированным нами или Г. Михелем и В. Михайлёвым) в интервале 4000-3000 лет назад, в-третьих, фиксируют землетрясение позднее первой половины XVII в.

Не забудем и про землетрясение первой половины XII века с  $M=7.4$  и  $I_0=9-10$  баллов, выявленное при археосейсмологических исследованиях Каменской средневековой крепости [Корженков, 2006; Korjenkov et al., 2006a].

Все это позволяет нам утверждать, что вдоль Аксуйского разлома в позднем плейстоцене – голоцене фиксируются периоды длительного сейсмического затишья, разделенные сильными сейсмическими событиями или их кластерами на рубежах 19500-20000, 12700, 4000-3000 лет назад, моложе 850 лет (включая Кеминское землетрясение 1911). Уточнение временной кластеризации сейсмической активности Аксуйского разлома требует дальнейшего продолжения палеосейсмологических и археосейсмологических исследований.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СЛЕДОВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ КАМЕНСКОЙ СРЕДНЕВЕКОВОЙ КРЕПОСТИ

Согласно традиционным историческим данным, разрушение и упадок средневековых городов Средней Азии, исчезновение или замедление в развитии средневековых культур Азии и Восточной Европы, приписывалось нашествию монголо-татар [Toynbee, 1946; Saeki, 1951; *The Mongol Mission*, 1955; Needham, 1959]. Однако не все историки и археологи придерживаются этого мнения. Например, Л.Н. Гумилев [2003 и др.] отмечает сравнительно небольшое число монгольских войск и их неспособность проводить серьезные военные операции по осаде и захвату городов.

Последние публикации по археосейсмологии [Trifonov, 1978; Chediya et al., 1998; Korjenkov et al., 2003 и др.] указывают на сейсмический характер разрушения некоторых средневековых городов Средней Азии. Таким образом, не все исторические изменения, произошедшие в этом регионе в течение XII-XIV вв., могут быть однозначно отнесены на счет монголо-татарского нашествия.

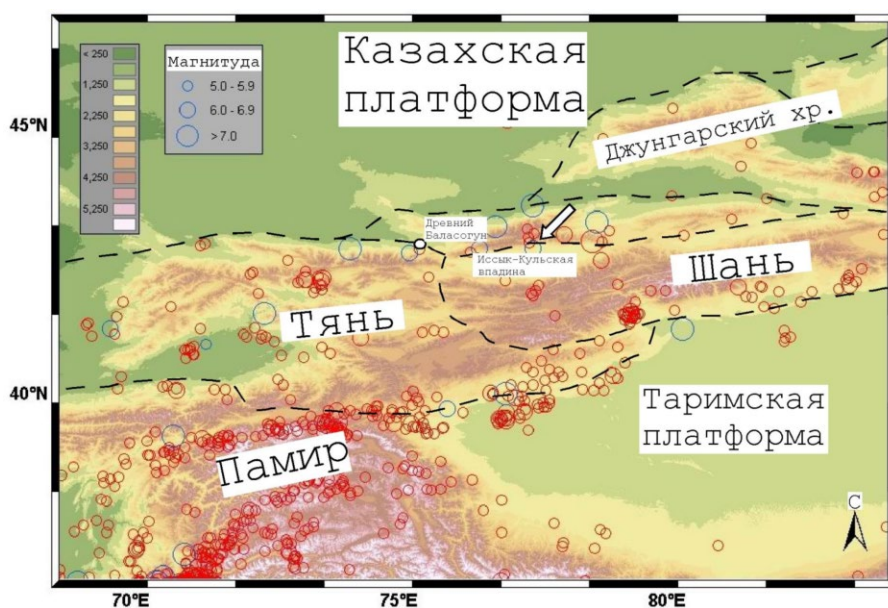
Каменская средневековая крепость дает возможность проверить эту гипотезу: она расположена на древнем Великом Шелковом пути в северной части Иссык-Кульской впадины, была оккупирована монгольской армией в XIII в., а также лежит в пределах главного сейсмически активного пояса Северного Тянь-Шаня.

Нами были проведены архео- и палеосейсмологические исследования Каменской средневековой крепости с целью определения возможных причин ее разрушения. Наши полевые наблюдения обнаружили хорошо выраженный сейсмоуступ, секущий стены крепости и датируемый XII в., который, очевидно, и стал главной причиной оставления ее людьми.

## ИСТОРИЧЕСКИЕ, АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Завоевание монголами Тянь-Шаня протекало благоприятно для Чингисхана. После разгрома найманов на Иртыше в 1208 г. войска монголов вплотную приблизились к владениям найманского царевича Кучлука, который не был подготовлен к войне с монголами. Кучлук силой принуждал мусульман Восточного Туркестана и Семиречья (вся территория к северу от Тянь-Шаня и Джунгарского хр.) принимать буддизм или христианство [Воропаева и др., 2002].

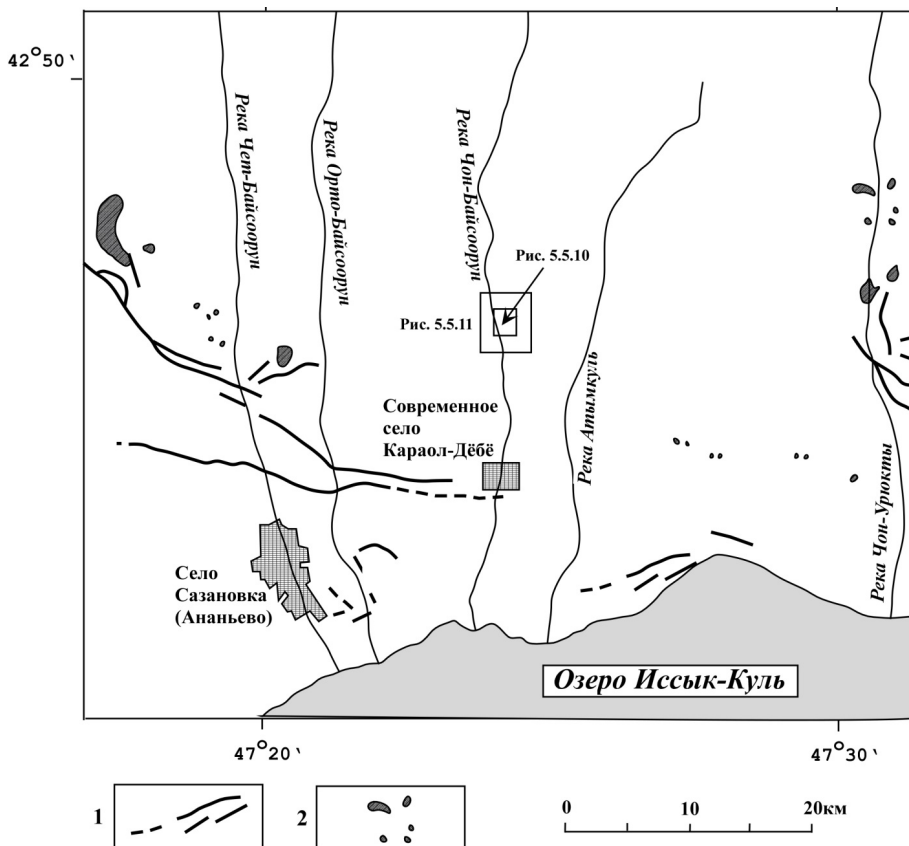
В 1218 г. Чингисхан направил против Кучлука отряд в 20 000 человек во главе с полководцем Джэбэ-нойном. Вступив в пределы Семиречья, монгольский полководец объявил, что каждый имеет право исповедовать религию своих отцов. Кроме того, дисциплинированное войско монголов получило приказ не грабить мирное население [Воропаева и др., 2002]. Результаты этого удачного политического хода Джэбэ-нойна сказались немедленно. Город Баласагун - столица Караханидского ханства (рис. 5.5.8), открыл перед монголами ворота добровольно. Население Восточного Туркестана восстало и перебило воинов Кучлука. В одном из горных проходов Семиречья Кучлук дал монголам последний бой, был разбит и бежал. Вскоре после этого монголы поймали его и обезглавили [Воропаева и др., 2002]. Данные исторические события говорят о том, что население средневекового Кыргызстана добровольно содействовало успеху



**Рис. 5.5.8.** Сейсмичность Тянь-Шаня и прилегающих территорий. Синим цветом показаны эпицентры землетрясений по каталогу NEIC (с исторического времени по 1963 г.), красным цветом – по каталогу CNSS (1963 – по настоящее время). Пунктирные линии – ответвления Великого Шелкового пути. Белой стрелкой обозначено местоположение изучаемого района. ◀

монголов и не испытало на себе ужасов завоеваний Чингисхана. Если все это так, то почему же такие важнейшие фортификационные сооружения как Каменка были разрушены и оставлены людьми? Каменская крепость являлась одним из укреплений на караванном пути – ответвлении Великого Шелкового пути, проходящем вдоль северного побережья оз. Иссык-Куль (рис. 5.5.8). В настоящее время крепость располагается к северу от с. Кароол-Добо (бывшее село Каменка) на левом берегу р. Чон-Байсоорун (рис. 5.5.9). Сооружение включает в себя непосредственно саму крепость и связанные с ней хозяйственные постройки. Крепость состоит из двух защитных прямоугольных стен, укрепленных несколькими башнями (рис. 5.5.10, 5.5.11). Размеры внутренней стены 180×180 м, внешней – 230×230 м. В юго-западном углу крепости расположена цитадель. В настоящее время стены крепости представляют собой пологие валы высотой до 4 м. Юго-западная внешняя стена разрушена боковой эрозией р. Чон-Байсоорун. Северо-западная стена в значительной степени подмыта саем. Связанные с крепостью хозяйственные постройки располагались с южной стороны. К сожалению, в настоящее время эта территория практически полностью запахана. Впервые данное сооружение было исследовано в 1927 г. П.П. Ивановым. Археологические раскопки проводились в 1961 г. под руководством Д.Ф. Винника [Иссык-Куль ..., 1991]. В культурном слое на глубине 1.5 м Винник обнаружил остатки зданий и керамики, датируемые VIII-XII вв. Наша работа в крепости была в значительной степени осложнена тем, что ее центральная часть занята современным действующим кладбищем с. Кароол-Добо, что не позволило нам провести раскопки в пределах крепостных стен.

Мы уже упоминали, что горы Тянь-Шаня являются одним из наиболее сейсмически активных регионов мира. Они известны сильными землетрясениями [Kondorkaya and Shebalin, 1982; рис. 5.5.8]. Озеро Иссык-Куль занимает одну из крупнейших впадин в пределах этого орогена. Оно представляет собой тектоническую рамповую впадину, ограниченную конвергентными разломами противоположного направления [Чедия, 1993]. Каменская крепость расположена на висячем крыле Аксуйского краевого разлома, который отделяет коренные породы хр. Кунгей Ала-Тоо от кайнозойских отложений Иссык-Кульской впадины. Аксуйская зона разломов известна своей сейсмичностью. Вдоль нее проходит сейсмогенный разрыв Кебинского (1911 г.,  $M_S = 8.2$ ,  $I_0 = X-XI$ ) землетрясения [Богданович и др., 1914; Дельво и др., 2001; Arrowsmith и др., 2004, см. рис. 5.5.9]. Хорошо выраженный в рельефе сейсмоуступ, сформированный этим событием, наблюдается к югу от с. Кароол-Добо, где он перпендикулярно пересекает р. Чон-Байсоорун (рис. 5.5.9).



**Рис. 5.5.9.** Расположение исследуемого района на северном побережье оз. Иссык-Куль. Указаны контуры рисунков 5.5.10 и 5.5.11. Отмечены сейсмические деформации, сформированные во время Кеминского землетрясения 1911 г. (модифицировано по [Богдановичу и др., 1914]; 1 - сейсмические разрывы и 2 – обвалы и оползни). ◀



## ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ И АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕСТНОСТИ

Мы заметили Каменскую крепость во время полевых работ по изучению сейсмических деформаций Кебинского землетрясения и их сохранности в рельефе. При подготовке к экспедиции мы изучали детальные аэрофотоснимки очаговой зоны этого землетрясения. На одном из снимков района крепости мы увидели странный линеймент секущий ее стены (рис. 6.5.10). Полевое исследование линеймента обнаружило хорошо выраженный в рельефе уступ длиной  $>700$  м и простирающийся по азимуту  $138^\circ$ . Вздернутым оказалось юго-западное крыло разрыва, расположенное ниже по склону. Данное наблюдение предполагает, что уступ имеет сеймотектоническое происхождение и не является гравитационным оседанием. Наиболее хорошо уступ выражен в поверхности позднеплейстоценовой речной террасы к северу от крепости (рис. 6.5.10, 5.5.11). На северо-западе уступ снижается и при переходе на голоценовую речную террасу теряется в ее отложениях. На юго-востоке уступ оканчивается между внутренней и внешней стенами крепости (рис. 5.5.11). В обоих случаях окончания уступа запаханы. Мы не обнаружили продолжения уступа далее к северо-западу или юго-востоку.

Помимо вертикального смещения также наблюдается и горизонтальная (левосторонняя) компонента смещения по разлому (рис. 5.5.12а), что особенно хорошо заметно в северо-западной внешней стене укрепления. Здесь юго-западная стена была смещена влево на 3.85 см и вздернута по вертикали на 1.6 м (рис. 5.5.12б). Максимальная величина вертикального смещения – 2.1 м была отмечена в северо-западной внешней стене крепости (рис. 5.5.12в).

Мы также обследовали окрестности крепости и обнаружили зону разломов ССЗ-простирающая, проходящую по левому склону долины р. Чон-Байсоорун (рис. 5.5.11). Вдоль этой зоны в голоцене и позднем плейстоцене происходили тектонические подвижки, которые отразились в рельефе серией уступов того же простирания. Данная разломная зона может быть связана с разрывом, образовавшимся вдоль глубоко залегающих пород фундамента (ниже относительно тонкого ( $<10$  м) слоя перекрывающих его неконсолидированных осадочных отложений). Мы отмечали выходы коренных пород на аэрофотоснимках к северо-западу от данного места, а на геологической карте масштаба 1:200000 нами выделен разлом того же простирания к северо-востоку от изучаемого участка.

При общей высоте сейсмоуступа до 2 м он имеет ассиметричную складкообразную форму: его юго-западное крыло пологое и длинное, тогда как северо-восточное крыло относительно короткое и крутое. В настоящее время этот уступ в значительной степени размыт. Данная



Рис. 5.5.10. Фрагмент аэрофотоснимка. Стрелками показаны Каменская крепость и секущий ее разрыв.▲

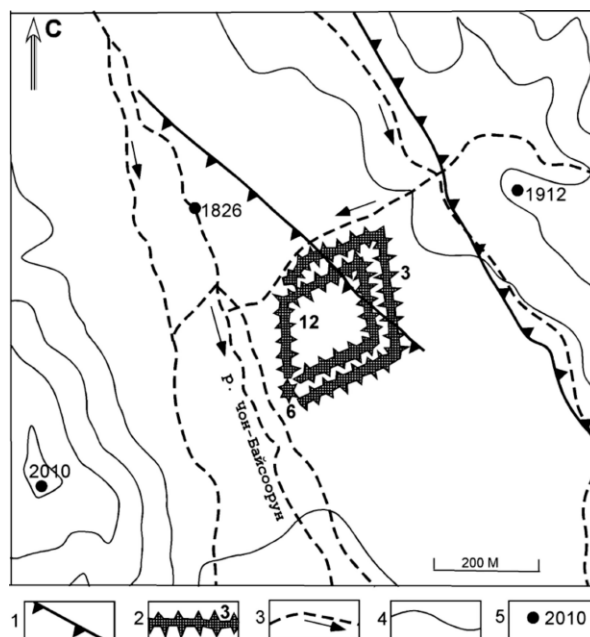
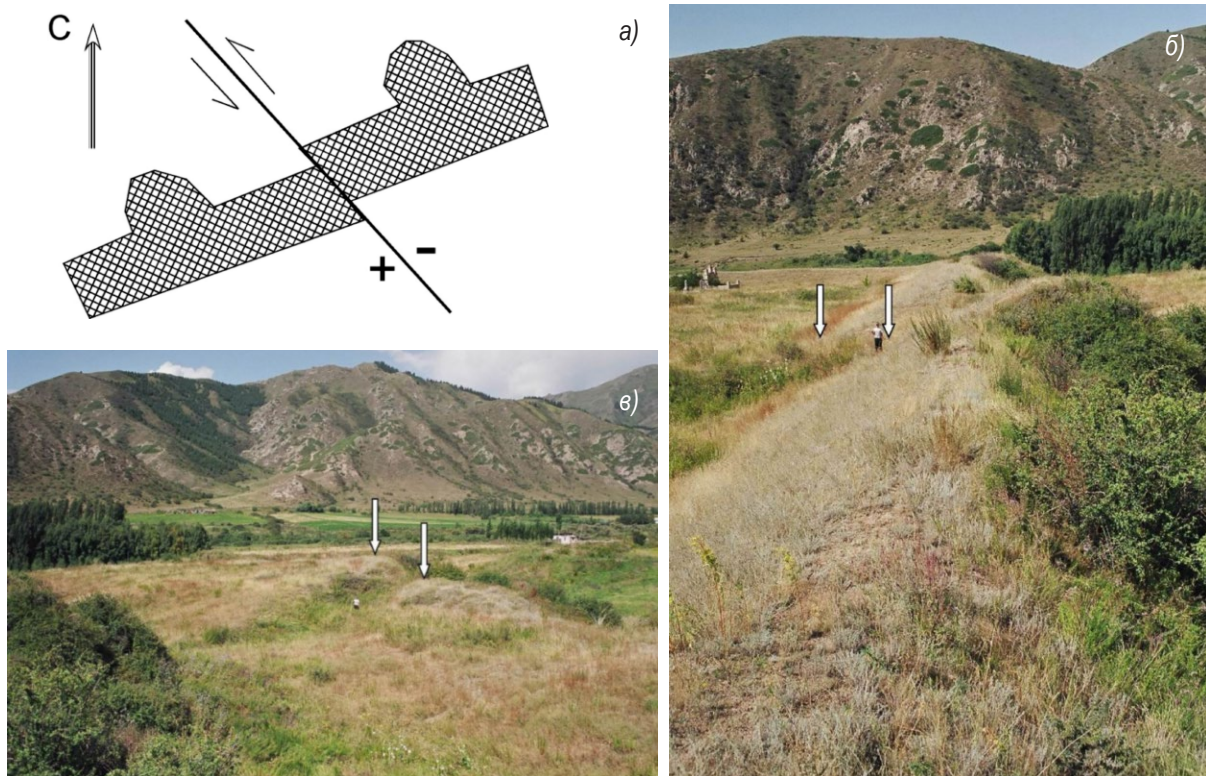


Рис. 5.5.11. Схематическая карта района расположения Каменской средневековой крепости и секущего ее разрыва: 1 – сейсмогенный уступ, 2 – стены крепости, 3 – реки и искусственные водотоки, 4 – изолинии, проведенные через 50 м, 5 – абсолютные отметки высот в м.▲



**Рис. 5.5.12.** Разрыв стен крепости: а – схема разрыва северо-западной стены крепости, разлом имеет не только горизонтальную (левостороннюю), но и вертикальную (западная стена взброшена вверх) компоненты смещения; б - горизонтальное смещение северо-западной стены крепости на 3.85 м; в - вертикальное смещение северо-западной стены крепости на 2.1 м. ▲

форма уступа говорит о его взбросовом характере, если сравнивать с похожими сейсмогенными уступами, образовавшимися во время сильного Суусамырского землетрясения (1992 г.,  $M=7.3$ ) в Северном Тянь-Шане [Богачкин и др., 1997; Ghose et al., 1997] и исследовавшимися проходкой траншеи через плоскости разлома [Korjenkov и др., 1999]. Область афтершоков этого землетрясения свидетельствует о падении сейсмического разрыва под углом  $45^\circ$  на глубине первых десятков километров. Кроме того, движения вдоль плоскости этого разрыва имеют и горизонтальную компоненту смещения, что подтверждается прямолинейной трассировкой разлома в рельефе.

#### ПРОХОДКА ТРАНШЕИ, ПЕРЕСЕКАЮЩЕЙ УСТУП

Для нашей траншеи мы выбрали участок, где уступ почти перпендикулярно пересекает небольшой сай, деформировавший северную стену крепости. Мы ожидали обнаружить многочисленные слои аллювиальных отложений, смещение вдоль которых дало бы нам максимум информации о разломе. Мы прошли траншею поперек разрыва (рис. 5.5.13). Рис. 5.5.10 показывает расположение траншеи). Длина траншеи составила 16 м, максимальная глубина 4 м, ширина 0.8–1.0 м.

В стенке траншеи мы обнаружили в основном слои массивных глин и суглинков. Слои пересекались зоной рассредоточенной деформации (трещиноватые и смещенные осадочные отложения). К несчастью, мы не смогли идентифицировать эти разрывы с 100 %-ной точностью из-за однородности и массивности слагающих слоев пород и небольших величин смещения вдоль каждого разрыва. Очевидно, данные разрывы образовались при формировании уступа. Мы отметили также слой погребенной почвы в восточном крыле траншеи. Западное окончание этого слоя сильно деформировано. Над этим слоем палеопочвы расположены линзы хорошо сортированного крупнозернистого песка и дресвы. Как и в случае со слоем палеопочвы, данный слой также не пересекает зону деформации. Линзы имеют каплеобразную форму с вздернутыми вверх восточными окончаниями. Такая форма окончаний линз может объясняться волочением вдоль слабо идентифицируемых плоскостей небольших разрывов. Небольшая и среднего размера округлая галька, состоящая из палеозойских пород, не образует отдельного

слоя. Современный почвенный слой покрывает всю поверхность траншеи. При этом в нижнем, или восточном крыле траншеи он развит лучше, чем в западном. Образование и сохранение слоя палеопочвы может объясняться тектоническим подпруживанием поверхностных и грунтовых вод с последующим накоплением коллювиальных отложений (крупнозернистый песок). Мы наблюдали похожие слои крупнозернистого песка в основании уступа. Слой линз песка и дресвы не имеет продолжения в висячем крыле разлома, что подтверждает формирование этого слоя после образования уступа: сай отложил этот слой у тектонической подпруды.

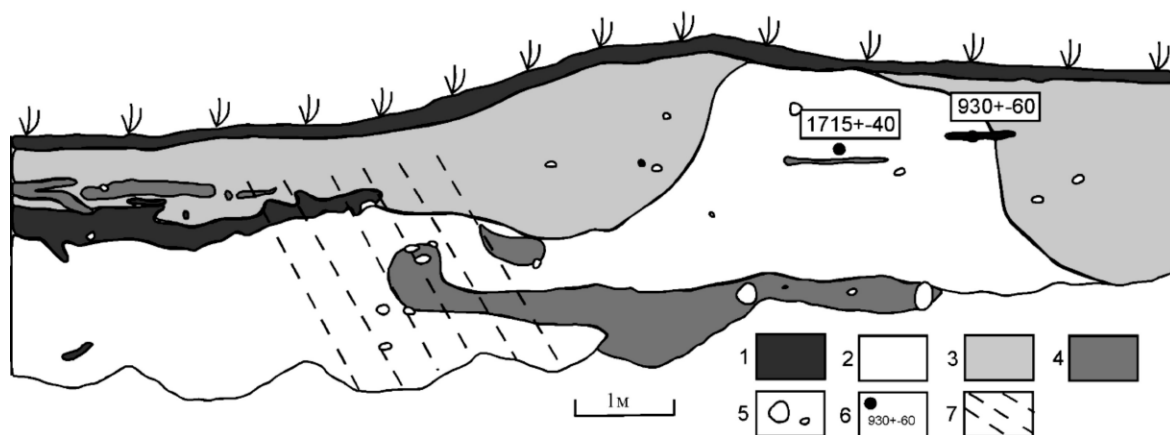
Мы сделали вывод о том, что и слой палеопочвы, и, возможно, перекрывающий его слой крупнозернистого песка и дресвы были отложены незадолго до либо сразу после последней подвижки по разлому. Сомнения связаны с невозможностью точно определить верхнее окончание зоны деформаций. Если бы данные слои были пересечены зоной деформаций, то более вероятным было бы то, что они образовались до появления уступа. С другой стороны, если данная зона деформаций не затрагивает рассматриваемые слои, то они могли появиться вслед за последней подвижкой по разлому.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА

В стенке траншеи на глубине 70-105 см мы обнаружили горизонт костей. Все кости крупные, по всей видимости, принадлежащие крупному рогатому скоту – коровам или лошадям. Все кости были искусственно раздроблены. Это свидетельствует о том, что люди, населявшие эту крепость, ели мясо этих животных и затем дробили кости, чтобы достать костный мозг. Мы не обнаружили фрагментов костей выше этого горизонта. Образцы были отобраны из верхней и нижней частей слоя костей для определения их абсолютного возраста радиоуглеродным методом (рис. 5.5.13). Датировка осуществлялась в Лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя Института геологии Сибирского отделения Российской академии наук. Определение остаточной активности углерода выполнено на двухканальной установке по бензол сцинтиляционному методу. Датирование образцов проводилось по фракциям гуминовых кислот.

Оба фрагмента костей были отобраны из висячего крыла уступа. Образец СНВ-1 (СОАН-5794) был взят из нижней части слоя. Его возраст составляет  $1715 \pm 40$  лет (cal AD 242-415—2 $\delta$ ; <http://radiocarbon.pa.qub.ac.uk/calib/calib.html>). Образец СНВ-4 (СОАН-5795) отобран стратиграфически выше предыдущего, из верхней части слоя костей, и его возраст составляет  $930 \pm 60$  лет (cal AD 999-1222—2 $\delta$ ; <http://radiocarbon.pa.qub.ac.uk/calib/calib.html>). Данные цифры указывают на время до образования уступа, потому что 1) последний образец был отобран из слоя палеопочвы, чье образование произошло до последней подвижки по разлому, и 2) верхний образец фрагмента кости может представлять собой часть мусора, выброшенного обитателями Каменской крепости перед ее опустением. В верхней части разреза траншеи фрагментов костей не найдено. Минимальный радиоуглеродный возраст образца СНВ-4 совпадает с данными по возрасту образцов керамики, найденных здесь археологом Д.Ф. Винником – XII век. Таким образом, возраст землетрясения, разрушившего эту крепость, приблизительно начало XII века.

В — 3



**Рис. 5.5.13.** Схема южной стены траншеи, пройденной поперек сейсмогенного уступа: 1 - почва, 2 - глина, 3 - суглинок, 4 - крупнозернистый песок с дресвой, 5 - отдельные валуны, 6 - места отбора образцов, 7 - зона предполагаемой сейсмотектонической деформации (см. описание в тексте).

## ОЦЕНКА ЭНЕРГИИ ПАЛЕОЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Для оценки энергии землетрясения, сформировавшего исследуемый уступ, мы использовали эмпирические формулы А.А. Никонова [1984], которые используют параметры сейсмических деформаций для определения магнитуды палеоземлетрясений:

$$M_2 = 7.26 + 0.32 \lg l, \sigma = 0.58, \rho = 0.45;$$

$$M_3 = 7.09 + 0.79 \lg D, \sigma = 0.42, \rho = 0.72,$$

где  $l$  – длина отдельного разрыва в км;  $D$  – величина смещения по разлому в м;  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение;  $\rho$  – коэффициент корреляции. Точность оценки находится в пределах  $\pm 0.5$  единицы магнитуды.

Подставляя максимальные значения параметров сейсмоуступа в приведенные выше формулы, получаем:

$$M_2 = 7.26 + 0.32 \lg 0.7 = 7.26 + 0.32 \times (-0.15) = 7.21,$$

$$M_3 = 7.09 + 0.79 \lg 3.85 = 7.09 + 0.79 \times 0.59 = 7.55,$$

$$M_{\text{ср.}} = (M_2 + M_3) / 2 = (7.21 + 7.55) / 2 = 7.38 \approx 7.4.$$

## ОБСУЖДЕНИЕ

Землетрясения с подобной магнитудой производят макросейсмический эффект на земной поверхности интенсивностью в  $I_0 = IX-X$  баллов по шкале MSK-64, как, например, при Суусамырском  $M_s = 7.3$  землетрясении 1992 г. в Северном Тянь-Шане [Богачкин и др., 1997; Ghose et al., 1997; Korjenkov et al., 2004b]. Землетрясение подобной силы полностью разрушило бы все постройки крепости: это можно утверждать совершенно определенно, если иметь в виду, что сейсмический очаг вышел на поверхность прямо на территории укрепления. Вполне вероятно, что описываемый уступ является только частью разлома, основная часть которого не достигла поверхности. Таким образом, здесь приводятся минимальные величины, а сама область очага была, вероятно, длиннее (на глубине). Образование слепых разломов типично для внутригорных впадин Тянь-Шаня. Например, при Суусамырском землетрясении облако афтершоков достигло 40 км в длину, но образовалось только два уступа общей длиной 3 км (400 м + 2.5 км), расположенных друг от друга на расстоянии 15 км [Богачкин и др., 1997; Ghose et al., 1997]. Вывод о существовании слепого разлома связан с тем, что мы не видели магистрального разрыва в траншее, но наблюдали хорошо выраженную в рельефе деформацию и смещение стен крепости. Подобный случай был описан для уступа неопределенного возраста в центральной части Суусамырской долины, Северный Кыргызстан [Korjenkov et al., 1999]. Через возвышающийся там 3-метровый уступ, вынудивший р. Токойлу изменить свое направление, было пройдено две траншеи. В обеих траншеях не наблюдалось плоскости разлома, однако отклонение речного русла и ветровые бреши, пересекающие уступ, говорят о его быстром по времени образовании.

Общая протяженность Чон-Аксуу - Аксуйского участка сейсмодислокаций составляет около 35 км [Утиров, 1978].

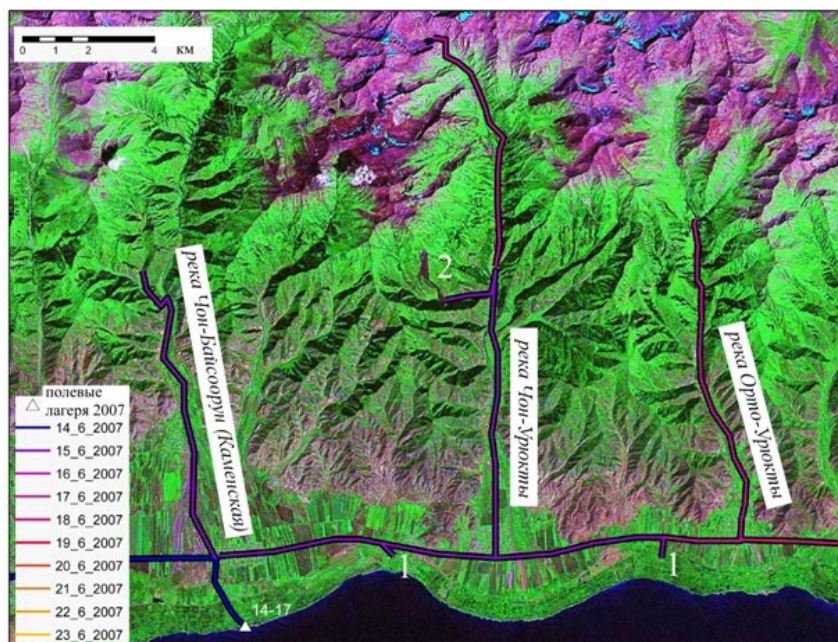
**5.6. УРЮКТИНСКИЙ УЧАСТОК СЕЙСМОДИСЛОКАЦИЙ**

(№ 13 на рис. 5.1)

На этом участке палеосейсмодислокации представлены в основном небольшими по размерам свалами скальных пород, а также трещинами и срывами рыхлых отложений. Деформации располагаются на южном склоне Кунгейского хребта и приурочиваются к разным разломам [Чаримов и др., 2005].

При обследовании последствий Чиликского землетрясения 1889 г. И.В. Мушкетов [1891] описал трещины в озерных отложениях у устья р. Курменты, в районе с. Уйтал, восточнее пгт. Ананьево (всего на шести участках до пгт. Тюп). Трещины в рыхлом песчаном грунте достигали в длину одного километра, при ширине до двух метров. В горах имелись одиночные обвалы и осыпи.

К.И. Богданович и др. [1914] после Кебинского землетрясения 1911 г. описывали на тех же участках прямолинейный и дугообразные трещины, сейсмобросы и надвиги СЗ, СВ и субширотного простирания длиной до 1-2 км и вертикальным смещением до 3 м по периферии конуса выноса и поверхности низкой (3-5 м) озерной террасы Иссык-Куля (рис. 5.6.1, 5.6.2).



**Рис. 5.6.1.** Карта маршрутов экспедиции (Б. Гуральник, А.М. Корженков, К. Кросби, Э. Мамыров, И.Э. Поволоцкая, Р. Эрроусмит) в ССВ Прииссыккулье. 1 – трещины отседания озерных отложений во время Кебинского землетрясения 1911 г., 2 - скальный оползень, сошедший при том же сейсмическом событии.▲



**Рис. 5.6.2.** Один из лестницы уступов, по которым произошло погружение прибрежной полосы озера Иссык-Куль во время землетрясения 1911 г. (№ 1 на предыдущем рис. 5.6.1). Вид на север. Фото Б. Гуральника.▲



**Рис. 5.6.3.** Узун-Булакский скальный оползень, сошедший во время землетрясения 1911 г. (№ 2 на рис. 5.7.1). Фото Б. Гуральника.▲

Нарушения в коренных породах, возникших при землетрясении 1911 г., оказались приуроченными к разным плоскостям зоны Аксуйского разлома – южного ограничения хребта Кунгей Ала-Тоо. Разрозненные редкие сейсморвы и скальные оползни (рис. 5.6.3) образовались на склонах, а трещины – на гребнях отрогов. Протяженность вертикальной стенки срывов до 300 м при высоте до 40-50 м. Ширина трещин до 0.4 м [Утиров, 1993].

К.И. Богданович и др. [1914] происхождение остаточных деформаций на участке объясняли близким к поверхности залеганием грунтовых вод по периферии конусов выноса. Однако Г.А. Шмидт [1977] указывала, что в районе Уйтала грунтовые воды располагаются на глубине 6-7 м, юго-восточнее с. Ананьево – на глубине 6-8 м, в 3 км западнее с. Чон-Урюкты – на глубине 21.2 м, а в 500 м южнее с. Орто-Урюкты – на глубине 23.5 м. Широкое проявление сейсмодформаций на этом участке Г.А. Шмидт связывала с влиянием Аксуйского краевого разлома, разбивающего фундамент впадины под наиболее суженным участком Прииссыккульской озерной равнины.

Общая протяженность Урюктинского участка сейсмодислокаций около 14 км [Утиров, 1993].

### 5.7. Курментинский участок сейсмодислокаций

(№ 14 на рис. 5.1)

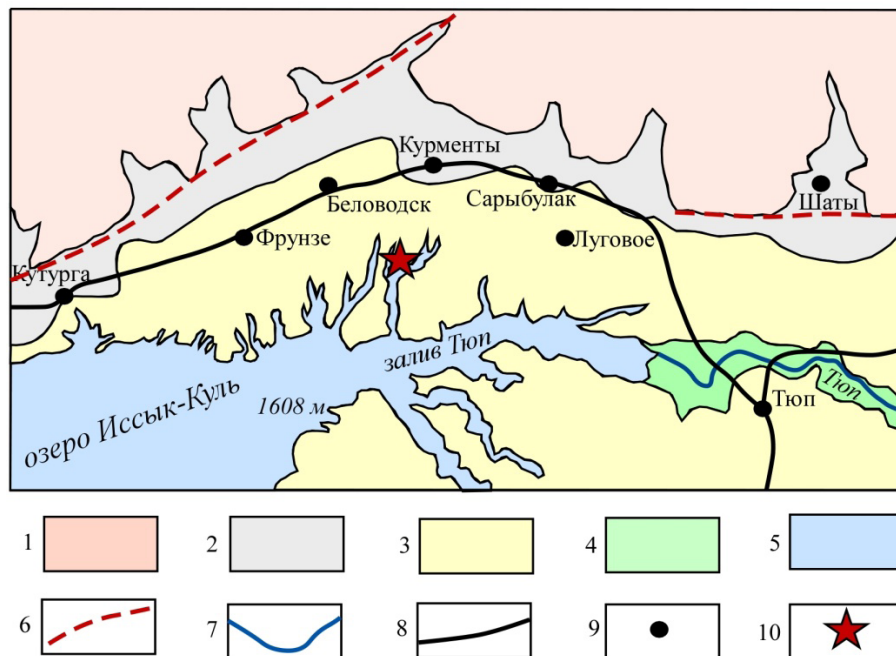
#### ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА

Основными структурными единицами района являются Восточно-Кунгейская антиклиналь широтного простирания, которая входит в состав Кунгей-Заилийской мегантиклинальной зоны, а также Иссyk-Кульская мегасинклиналь. Для Восточно-Кунгейской антиклинали характерна резкая асимметрия: южный склон относительно пологий с сохранившимися фрагментами до-орогенного пенеплена, северный – крутой, короткий, оборванный разломами. Пенеплен большей частью не сохранился.

Вдоль южного подножия Кунгейского хребта протянулся Предкунгейский прогиб, ограниченный с юга Тасминским, а с севера – Талдысуйским разломами [Геологические основы..., 1978; Чедия, 1986]. Прогиб занимает северную часть Иссyk-Кульской мегасинклинали. Его восточная часть (куда входит Курментинский участок) выделена в Тюпский блок, который тянется от Транс-Иссyкульского разлома до крайнего востока Иссyk-Кульского региона. Для блока характерна большая глубина залегания цоколя, от 1000 м - на западе, до 2000 м – на востоке, и моноклиальное падение основания в южных румбах с конформно на нем лежащем палеоген-неогеновым покровом.

На Курментинском участке развиты породы палеозоя и четвертичной системы (рис. 5.7.1). Первые преимущественно представлены ордовикскими интрузиями, слагающими крупные массивы, и небольшими выходами намюрских (нижний карбон) накоплений с фаунистическими остатками. Скважиной, пробуренной севернее пос. Фрунзе, вскрыты палеогеновые и неогеновые отложения, общей мощностью около 1500 м.

Отложения четвертичной системы пользуются широким распространением. Они выполняют Иссyk-Кульскую впадину, долины рек и покрывают склоны продуктами разрушения коренных пород. Генетически среди них выделены коллювиальные, делювиально-пролювиальные, аллювиальные и лимнические отложения. Литологически они представлены валунно-галечниками, песками, супесями и суглинками. Среди четвертичных образований выделяются верхнечетвертичные и современные.



**Рис. 5.7.1.** Схематическая геологическая карта района расположения Курментинского городища (составлена по материалам [Геологическая карта..., 1962] с изменениями и дополнениями). 1 – домезозойские породы, 2 – позднеплейстоценовые-голоценовые аллювиально-пролювиальные отложения, 3 - позднеплейстоценовые-голоценовые озерные отложения, 4 – голоценовые аллювиальные отложения, 5 – акватория озера, 6 – разломы, перекрытые аллювиально-пролювиальными отложениями, 7 – русло реки, 8 – автотрасса, 9 – населенный пункт, 10 – месторасположение Курментинского городища.▲

Современный рельеф Курментинского участка в целом образован в третью самую интенсивную стадию новейшего горообразования – средний плейстоцен-голоцен, когда накапливалась валунно-галечная серия Иссык-Кульского региона. В горах в это время вырабатывались узкие, глубокие, V-образные долины. По их склонам выделяются до двух-трёх эрозионных или цокольных террас, коррелятных средней и нижней адырным ступеням ниже-среднего квартала. Ниже, в переуглублённой долине, располагается 2-3 скульптурные или аккумулятивные террасы позднечетвертичного возраста, сопрягающихся с аллювиально-пролювиальными или озерно-дельтовыми равнинами. В этот террасовый комплекс вложено до трех (включая высокую и низкую поймы) голоценовых террас.

Линии разломов на Курментинском участке ориентированы по двум направлениям: северо-восточному (Аксайский разлом) и широтному (Талдысуйский краевой разлом), отграничивающим, соответственно, Аксайскую и Восточно-Кунгейскую мегантиклинали от Иссык-Кульской впадины, с амплитудой смещения крыльев от 1 до 2.5 км [Детальное сейсмическое..., 1988]. В обнажениях, где можно наблюдать его плоскость, он выглядит крутым взбросом с висячим северным крылом.

К месту сочленения Аксайского и Талдысуйскому разломов приурочен Курментинский (Западно-Талдысуйский по [Детальное сейсмическое..., 1988]) участок сейсмодислокаций, общая длина которого достигает 20 км [Геологические основы, 1978; Детальное сейсмическое..., 1988]. Дислокации сейсморазрывного и сейсмогравитационного генетических типов представлены сейсморвами, уступами северо-восточного простирания и срывами в рыхлых отложениях (следы Кебинского землетрясений 1911 г.). В долине р. Сары-Булак оплывины и оползни, сформировавшиеся при землетрясении 1911 г. были описаны Богдановичем и др. (1914). Г.А. Шмидт [1977] выявила серии оползней и оплывин в лессовидных делювиальных суглинках, перекрывающих чехлом мощностью до 4-5 м западные и северные склоны гор в бассейнах рек Сары-Булак, Кичи-Сарыбулак, Шаты и др. Эти гравитационные формы локализуются в зоне Талдысуйского разлома, ограничивающего на этом участке с юга хр. Кунгей Ала-Тоо. По данным Г.А. Шмидт разлом состоит из пяти субпараллельных разрывов субширотного простирания. Она считала, что изученные ею оплывины образовались при тиксотропном разжижении грунтов под воздействием сейсмического удара и имеют каплевидную в плане форму длиной до 200 м, реже до 1 км, при диаметре цирка 50-100 м.

К Талдысуйскому разлому приурочено четыре эпицентра землетрясений глубиной от 16 до 25 км с  $K=13-16$ ,  $M$  от 4.9 до 7.4 [Детальное сейсмическое..., 1988].

#### АРХЕОСЕЙМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Городище Курменты (рис. 5.7.2) расположено в Тюпском районе Иссык-Кульской области на землях села Ак-Булак (Курменты) Ак-Булунского айылного округа. Стоит на берегу одного из затонов (бухта Широкая) на северном берегу Тюпского залива. Его географические координаты:  $42^{\circ} 46' 00''$  СШ,  $78^{\circ} 14' 16''$  ВД, абс. выс. - 1629 м над у.м.

Курментинское городище впервые обследовано В. В. Бартольд в 1894 г. В.В. Бартольд [1897], отметил, что “площадь укрепления покрыта множеством небольших возвышений, по-видимому, представляющих следы каких-то построек”. Краткие упоминания о нем содержатся в работах П.П. Иванова и А. Н. Бернштама [Труды Семиреченской..., 1950; Иванов, 1957]. В 1949 г. Тянь-Шаньская археологическая экспедиция (руководитель А.Н. Бернштам) проводила на городище работы разведывательного характера. Но результаты работ не нашли отражения в литературе. С 1959 г. изучением памятников Прииссыккуля начал заниматься Д.Ф. Винник. В начале 1960-х гг. он описал городище Курменты, им были заложены несколько разведочных шурфов и определены хронологические рамки существования города с VIII по XII в. Было высказано предположение о двух периодах существования города [Винник, 1967; Открытие древностей..., 1975]. В 2003 году были проведены исследования городища археологами Кыргызско-Российского славянского университета под руководством В.М. Плоских. Ими был заложен стратиграфический шурф [Ак-Булу, 2006].

Выбор городища Курменты как объекта исследований нашего проекта обусловлено тем, что оно находится в сейсмоактивном районе. Об этом свидетельствуют многие документы как современности, так и отчеты XIX вв. русских исследователей и чиновников, работавших в данном районе. Так, например, имеется документ 28 декабря 1910 года по старому стилю: “Рапорт временно исполняющего должность начальника Пржевальского уезда капитана Гусева военному губернатору Семиреченской области М.А. Фольбауму о землетрясении в северном Прииссыккулье и его последствиям”.

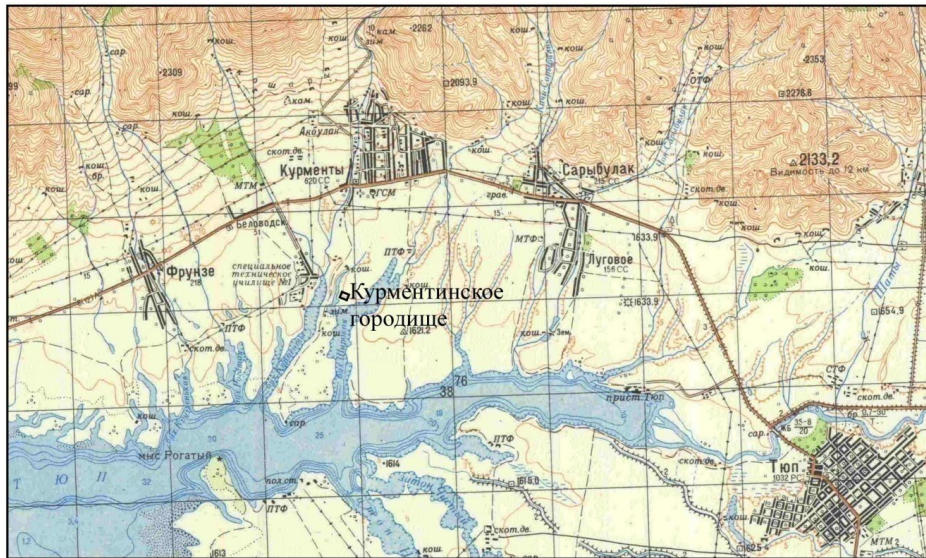


Рис. 5.7.2. Топографическая карта района расположения Курментинского городища. Каждая сторона клетки – по 2 км.▲

Городище Курменты имеет четырёхугольную в плане форму (рис. 5.7.3) с длиной крепостных стен 240×215×310×200 м. Оно вытянуто в ЗСЗ направлении. Городище стоит на некотором возвышении, используя в фортификационных целях естественный рельеф местности. Северо-западная стена проходит по высокому и крутому берегу затона и составляет с ним как бы единое целое. Вдоль юго-западной стены до её середины проходит глубокий сай – сухая ложбина. Продолжением ложбины служит широкий ров, который идет вдоль юго-восточной и частично северо-восточной стен, а затем переходит в глубокий сай. Глубина сухой ложбины с западной и восточной сторон около 20 м. Городище имело четыре въезда – в середине северо- и юго-восточных стен, – усиленных специальными фортификационными конструкциями. Внутренняя поверхность городища разрушена многолетней распашкой, но до сих пор прослеживаются отдельные всхолмления и западины бывших строений. Крепостные стены городища сильно оплывшие; ширина их по основанию до 20 м, сохранившаяся высота 2.5 – 3 м.

Юго-западную стену пререзают две траншеи: первая – практически в середине, вторая - в 60 м от южного угла городища. Нам не известны публикации об археологических разрезах, но мы предполагаем, что они выполнены еще в советское время киргизским археологом Д.Ф. Винником или местными жителями. Во всяком случае, на составленном экспедицией А.Н. Бернштама в 1949 г. [Труды Семиреченской..., 1950] плане городища они не обозначены. В 2004 г. в экспедиции В.М. Плоских под руководством С.М. Громовой был обновлен разрез в середине стены, а также сделан стратиграфический шурф в пределах городища [Ак-Булун, 2006].

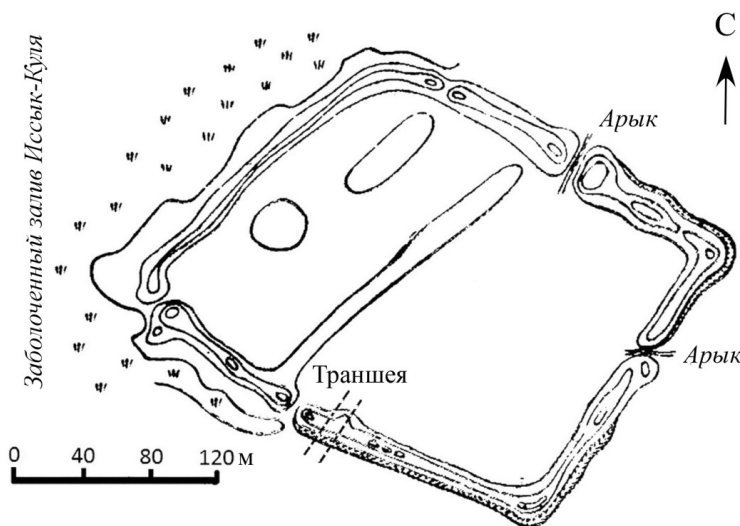
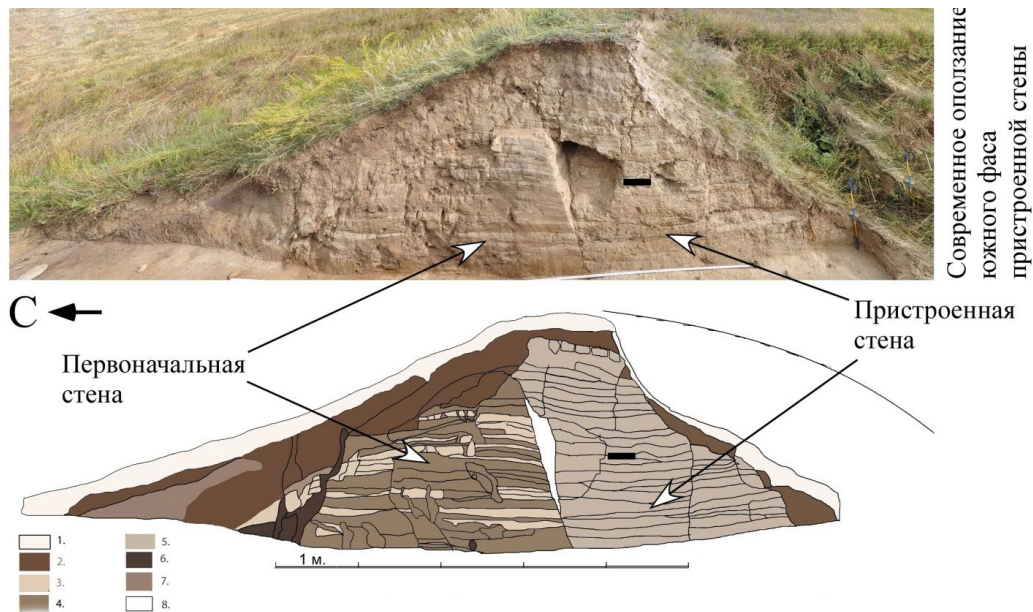


Рис. 5.7.3. Схема Курментинского городища (по [Ак-Булун, 2006]) с изменениями и дополнениями.▲





**Рис. 5.7.4.** Юго-восточная стенка археологической траншеи через юго-западную стену Курментинского городища. Черный прямоугольник – места отбора пробы на радиоуглеродный возраст. 1 - дерновый слой. 2 - слои оплывов. 3 - пахсовые ленты серого цвета (стене № 1). 4 - пахсовые ленты (стена 1). 5 - пахсовые ленты (стена 2). 6 - норы. 7 - палеопочва (Рыхлые глинистые слои). 8 - пустота между стеной 1 и 2.▲

В целях минимизации нарушения целостности памятника и собственных трудозатрат было принято решение расчистить этот разрез и провести его детальное документирование. К моменту наших работ траншея имела заплывший вертикальный юго-восточный борт с вырезом с внешней стороны в 3 – 4 м и идущий ступенькой северо-западный. Ширина траншеи(/разреза) в верхней части колеблется в пределах 2 – 2.5 м и около 1 м – в нижней части. Длина траншеи – порядка 12 м. Высота разреза после расчистки составила 2.6 м от наивысшей точки (рис. 5.7.4). Разрез не достиг основания стены и материковых слоёв.

Было выяснено, что стена состоит из двух массивов, т.е. имеет два периода сооружения. В обоих периодах использовалась одинаковая техника формовки стены – т.н. техника “ленточной пахсы”, т.е., формирование её тела шло путём поочерёдной укладки относительно горизонтальных слоёв грунта мощностью от 15 до 30 см.

Более ранняя часть – Стена 1 (первоначальная) – вскрыта на 1.9 м от верхней точки до низа раскопа. Её ширина в нижней части – 2.4 м, в верхней – около 1.5 м. Угол наклона внешнего фаса – 80-85°. Вскрытый на высоту около 1 м внутренний фас сильно омыт вследствие долгого нахождения в открытом состоянии. Стена сложена из чередующихся более толстых лент желтовато-коричневого цвета и более тонких белёсо-серого оттенка. Всего насчитывается 20 пахсовых лент шириной от 10-30 см. При этом нижние ряды более мощные, чем верхние. Стена 2 (пристроенная, вскрыта не полностью) пристроена к первоначальной стене с внешней стороны. Её ширина по дну раскопа 1.9 м. Пристроенная стена выше первоначальной стены: её высота - до 3.10 м; в верхней части она, несколько перекрывая первоначальную стену, возвышается парапетом, площадка за которым – верх сохранности первоначальной стены. В её теле контрастность полос менее выражена. Зафиксировано 22 пахсовые ленты. В теле пристроенной стены непосредственно у первоначальной стены имеется углубление размерами до 1.5 м в высоту и около 1 м в глубину и ширину; вероятно – это поздняя нора животного, разрушенная разрезом.

Пристенные оплывы с внутренней стороны практически однородны – лёссовый запесоченный субстрат, в северо-западной части сильно изрезанный корнями травянистой растительности. Напластования с внешней стороны описать невозможно, т.к. на эту часть раскопа приходится вышеупомянутый вырез и вертикальный профиль отсутствует.

Тело обеих стен сверху донизу рассечено несколькими идущими почти вертикально и параллельно друг другу трещинами. Трещина 1 проходит в метре от внутреннего фаса первоначальной стены и пересекает стену вертикально, разделяя её на две части. Трещины 2 и 3 проходят вертикально в верхней части пристроенной стены до середины стены на 1.3-1.4 м. Трещина 4 проходит в 80 см. от внешнего фаса пристроенной стены вертикально разрезая стену. Такое расположение трещин может свидетельствовать о сейсмическом характере их возникновения.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Можно говорить о двух периодах в истории формирования стены Курментинского городища. Первый – строительство городища, окруженного одной “старой” – первоначальной стеной. Затем что-то произошло, вероятно, растрескивание стены, вследствие чего понадобился ее ремонт. Была возведена дополнительная “новая” пристроенная стена.

Ранее было высказано предположение о двух периодах его существования: VIII– X и X– XII вв. н.э. с расцветом в последнем из них [Винник, 1967]. Среди наших археологических сборов 2004 г. на территории городища отсутствовали фрагменты бесспорно относящегося к первому из предложенных периодов. Но среди них много образцов XI – XII вв. и есть более поздние – XIII – XIV вв.

В археологическом разрезе нами были отобраны несколько проб для определения абсолютного возраста стен. К сожалению, большая часть из них не дала результатов из-за недостаточного количества в них органического материала. Лишь одна проба, отобранная в средней части пристроенной стены дала абсолютную датировку (таб. 5.7.1). Остановимся на ней особо.

Калиброванный возраст пробы – 550-690 гг. н.э. Она представляет собой угольки – остатки костра, собранные в новой (южной) части стены между пахсовых лет №№ 5-6. Известно, что для строительства стен городища был использован местный материал, набираемый в непосредственной близости с городищем из естественных оползней или искусственных выемок. Но в таком случае угольки должны были быть распределены по объему слоя, а не составлять отдельного и изолированного слоя между двумя слоями пахсы. Напрашивается вывод о том, что древние строители, вероятно, очень торопились с ремонтом, работали и ночью, а для освещения разводили огонь. Поэтому все угольки костра находятся в одном месте и сейчас представляют собой единый прослой между пахсовыми лентами. Что же могло произойти?

На сильные разрушения в пределах городища, предвалявшие возведение пристроенной стены, указывает большое количество мелких фрагментов керамики и глиняного кирпича (?), которые обнаруживаются в пахсовых лентах пристроенной стены. Очевидно, что такой строительный “мусор” специально не заготавливался. Он брался с очищавшейся территории городища и шел в строительство.

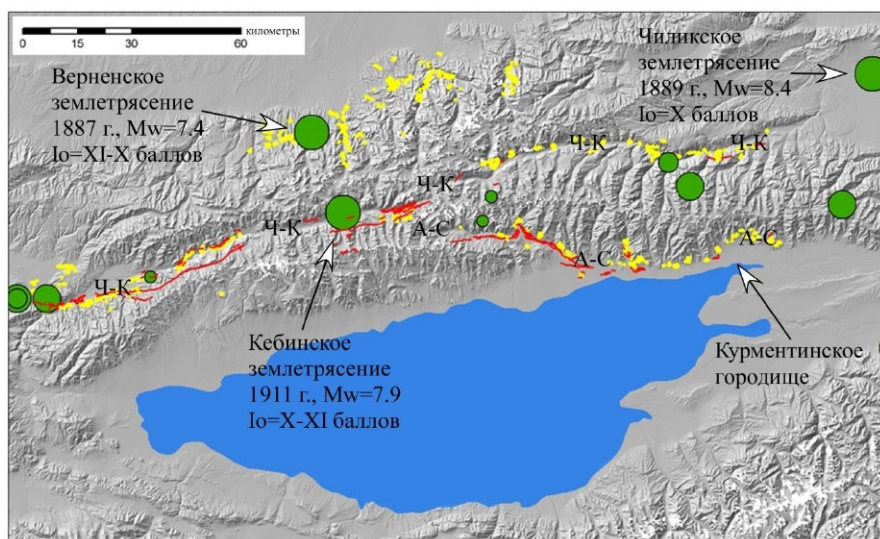
Учитывая близость Курментинского городища к двум сейсмически активным зонам Северного Тянь-Шаня: Чилико-Кеминской и Ак-Суйской и периодическое возникновение по ним сильнейших землетрясений (рис. 5.7.5), можно предположить, что серьезное повреждение – растрескивание первоначальной (старой) стены поселения произошло во время одного из таких толчков. Так как городище представляло собой важнейший политический, торговый и военный пункт СВ Прииссыккуля на Великом шелковом пути, сразу же после сейсмического события начался незамедлительный ремонт поврежденных стен и, следовательно, приведенная выше датировка (в пределах ошибки радиоуглеродного метода) соответствует времени сильного землетрясения в регионе в начале VII в. н.э.

По разрушениям одного лишь городища невозможно локализовать эпицентральною область древнего землетрясения. Для этого нужны археосейсмологические исследования других исторических памятников СВ Прииссыккуля, а также палеосейсмологические исследования по близлежащим сейсмогенерирующим зонам. Можно лишь предположить, что наличие большого количества сквозных трещин в стене субширотного простирания может свидетельствовать о направлении главных/наиболее сильных сейсмических колебаний субпараллельно простира-

**Таблица 5.7.1.** Лабораторные параметры пробы, отобранной на определение абсолютного возраста в разрезе стены Курментинского городища

Лабораторный индекс	Описание пробы	Материал образца перед обработкой	Добытый бензол, г.	<sup>14</sup> C активность, рМС	<sup>14</sup> C возраст, лет назад (BP)	Ошибка измерений, лет ( $\pm 1\sigma$ )	Калиброванный возраст <sup>2</sup> , лет назад (cal. BP) для 68.2% и 95.4% вероятностей: наилучший интервал 68.2% вероятности подчеркнут – главная датировка
Vs-2543	KRM-1, забор 2014 г., древесный уголь между пахсовых лент №№ 5-6	Всецело чистый углерод	0.3933	84.0	1400	85	68.2% вероятность <u>1400 – 1260 BP (65.4%)</u> 1200 – 1180 BP (2.8%) 95.4% вероятность 1530 – 1170 BP (95.4%)

<sup>2</sup> Определения радиоуглеродных возрастов выполнены в лаборатории Ядерной геофизики и радиоэкологии Государственного научно-исследовательского института “Центр природных исследований” (Вильнюс, Литва). Калиброванный возраст рассчитан с использованием программного обеспечения OxCal 4.2 [Bronk Ramsey C., 2013] и калибровочной кривой IntCal2013 [Reimer et al., 2013].



**Рис. 5.7.5.** Карта оттененного рельефа Северного Тянь-Шаня по [Arrowsmith et al., 2005] с исправлениями и добавлениями. Зелеными кружками показаны сильнейшие землетрясения региона с  $M \geq 5$ , а также главные сейсмогенерирующие зоны: Ч-К – Чилико-Кеминская и А-С – Ак-Суйская. Желтые пятна – сейсмогравитационный деформации, красные линии – сеймотектонические деформации (сейсморвы и сейсмоуступы), образовавшиеся при сильнейших землетрясениях конца XIX - начала XX вв. ▲

нию стены [Корженков и Мазор, 2013], т.е., источником этих колебаний был один из сегментов Ак-Суйской сейсмогенерирующей зоны, расположенный к ЗСЗ от Курментинского городища (см., рис. 5.7.5). Местная сейсмическая интенсивность, судя по степени деформации стены толщиной в 4 м, была не менее  $I=VIII$  баллов по Шкале МСК-64.

Таким образом, подтверждается наше предположение, что смена цивилизационных эпох в Семиречье и Прииссыккулье предваряется/сопровождается природными катаклизмами [Корженков и др., 2011].

Было ли землетрясение начала VII века единственным и последним, оставившим свои следы в стенах Курментинского городища? По-видимому, нет. Следующее (средневековое?) землетрясение добавило сквозных трещин и в первоначальную часть стены и в пристроенную (см., рис. 5.7.4). После этого сейсмического события городище было оставлено, свидетельством чему являются мощные (более 1 м) оплывы на обеих сторонах исследованной стены. Для образования таких значительных оплывов необходимы многие сотни лет. На оплывах даже успел сформироваться почвенный покров (палеопочва на рис. 5.7.6), до того как произошло следующее – уже третье сейсмическое событие или их серия, сближенная во времени. Эту почву перекрыл коллювиальный клин, на котором сейчас формируется современная почва.

Важно обратить внимание, что палеопочва мощнее современной. Этот факт свидетельствует о небольшом временном отрезке, прошедшем с момента третьего сейсмического события по настоящее время. Скорее всего, коллювиальный клин сформировался при Чиликском (1889 г.,  $M=8.4$ ,  $I_0=X$  баллов) и/или Кебинском (1911 г.,  $M=7.9$ ,  $I_0=X-XI$  баллов) землетрясениях, макросейсмические области которых находятся в непосредственной близости от Курментинского городища.



**Рис. 5.7.6.** Палео- и современная почвы, развитые на северном оплыве южной стены Курментинского городища. ◀

## ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЙСМОДИСЛОКАЦИЙ В КАТАКОМБНОМ МОНАСТЫРЕ ЗАЯЧЬЕГО ПОЛУОСТРОВА

В таких сейсмически активных и издавна освоенных человеком горных районах, как Тянь-Шань, наряду с деформациями отложений и рельефа маркерами древних землетрясений могут служить археологические памятники. Для этого анализируется как характер деформаций памятников, так и их принадлежность к определенным археологическим культурам. Использование археосейсмологического метода позволяет получать данные о сильных сейсмических событиях за период в тысячи лет, что зачастую превышает временной интервал, охватываемый историческими летописями, и тем более продолжительность инструментальных наблюдений в сейсмоактивных регионах. На основе изучения деформаций современных зданий, подвергшихся воздействию сильных землетрясений именно на территории Тянь-Шаня, была усовершенствована методика археосейсмологического изучения руин древних сооружений. Применение этой методики позволило доказать, что ряд средневековых поселений Северного Тянь-Шаня был разрушен вследствие сильных землетрясений (Korjenkov et al., 2003; Корженков, 2007), а не в результате военных нашествий монголо-татарских войск XIII-XIV веков, как предполагалось ранее.

В свою очередь использование информации о возрастесильных землетрясений и положении их плейстоценовых областей дает возможность уточнять время создания памятников, не упомянутых в летописях.

Одним из подобных памятников являются катакомбы Заячьего полуострова ( $42.766250^{\circ}$  с.ш.;  $78.247985^{\circ}$  в.д.) (Рис. 5.7.7), представляющие интерес как объект туризма. Эта рукотворная пещера расположена на северо-восточном побережье озера Иссык-Куль, на одном из небольших мысов Тюпского залива, в 1.5 км к юго-востоку от села Курменты.

Озеро Иссык-Куль занимает днище одноименной межгорной впадины, которая протягивается почти широтно. На севере впадина обрамлена хребтом Кунгей-Алатау высотой до 4771 м. Многочисленные реки с обрывистыми берегами, стекающие со склонов Кунгея, расчленяют узкую (шириной от 1 до 10 км) полосу предгорной равнины, покрытой песком, реже галечником, местами сложенной сцементированным песчаником, на отдельных участках заболоченной. Селения зажаты здесь между береговой зоной Иссык-Куля и передовой ступенью хребта, располагаясь в основном на обширных пролювиальных конусах рек.

Современный уровень озера имеет отметку 1608 м н.у.м., глубина достигает 668 м. На дне и по берегам Иссык-Куля имеются поднятия и древние озёрные террасы высотой 35-40 м, формирование которых связано с новейшими тектоническими движениями. Об амплитуде изменений уровня, вызванных климатическими колебаниями, свидетельствуют озёрные террасы высотой 8-10 м и подводные развалины поселений на глубине до 8 м. В эпохи трансгрессий при уровне озера на 10-12 м выше современного сток из Иссык-Куля осуществлялся в реку Чу в западной части котловины. Последняя такая эпоха датируется 17-18 вв., и в некоторых исторических источниках Заячий полуостров назван островом. В течение последних двух столетий уровень Иссык-Куля понижается: с 1886 г. он упал на 4 м (по другим данным на 7 м), на этом фоне происходят небольшие внутривековые колебания. Берега озера расчленены слабо, глубокие заливы - Тюпский, Джергаланский, Покровская бухта - есть только на востоке и юго-востоке котловины.



Рис. 5.7.7. Космоснимок северо-восточного побережья озера Иссык-Куль.▲

На северном берегу Туюпского залива в 400-500 метрах к западу от полуострова находятся руины средневекового городища Курменты, датируемые X-XII вв. Впервые о крепости в 1894 г. упоминает В.В. Бартольд, проводивший на этой территории археологическую разведку. Несколько позже заметки о городище были опубликованы П.П. Ивановым (1926), А.Н. Бернштамом (1949), Винником (1960). Следует отметить, что, несмотря на периодически проявляемый научный интерес к Курментинскому городищу, о находящихся неподалеку катакомбах никто из этих исследователей не упоминает, т.е. учеными-археологами ни до революции 1917 г., ни в советское время они не изучались. В то же время по рассказам местных жителей эти пещеры известны с начала 20 века и связываются с именем монаха Иссык-Кульского Свято-Троицкого монастыря Прохора Русина, и иногда их называют "норой монаха". Свято-Троицкий мужской монастырь был основан в 1886 по указу Александра III в 2-3 км к востоку от полуострова, на Светлом Мысу. Духовная культура православия допускает существование пещерных храмов, молелен и подземных часовен. Кроме того, в источнике начала 20 века есть указание на то, что местный крестьянин Кирилл Колотилин, которому принадлежали значительные угодья в округе села Курменты, выкопал на своем острове пещеру-молельню. Первые исследования катакомб Заячьего полуострова произвел в 1956 году школьный учитель истории краевед Н. Черкасов. Им был сделан подробный план катакомбных сооружений и крепости. В своих записях катакомбы Заячьего полуострова Н. Черкасов называет "катакомбами монаха" и датирует их началом XX вв. К сожалению, никаких публикаций по результатам изучения катакомб им сделано не было, и до нас дошли лишь фрагменты сохранившегося архива краеведа (рис. 5.7.8).

В 2003 году катакомбы Заячьего полуострова были обследованы экспедицией Кыргызско-Российского Славянского университета под руководством В.М. Плоских. Основной задачей экспедиции являлись поиски изображенного в Каталонском атласе монастыря армянских братьев и хранящихся в нем мощей апостола и Евангелиста Матфея. Экспедицией были сделаны обмеры, а также обследовано дно залива для выявления возможных строений. После долговременных исследований экспедицией была выдвинута версия о том, что, возможно, катакомбы Заячьего полуострова являются тем самым монастырем армянских братьев и датируются XIII-XIV вв.

Таким образом, к моменту изучения этого памятника нами относительно времени его создания существовали две гипотезы. Согласно одной из них, монастырь был построен в XIII-XIV вв., согласно другой – не раньше конца XIX века, а, по всей видимости, в начале XX века. Опираясь на эти гипотезы, в 2014 г. в ходе работ архео-сейсмологического отряда было решено провести свое, более детальное, изучение пещеры - необходимо было проверить, может ли подобное сооружение в рыхлых озерных отложениях плейстоцен-голоценового возраста выдержать сильные сейсмические события, такие, как Кеминское землетрясение 1911 г., и, соответственно, сделать вывод о постройке катакомб до или после 1911 г.

Нами было проведено изучение конфигурации и размеров катакомбного монастыря, его сохранности, характера вмещающих отложений. Южная оконечность полуострова, в которой вырыты катакомбы, представляет собой холм подквадратной формы размером 30x30 метров (рис. 5.7.9), вглубь которого на расстояние 1.5 метров от поверхности уходит узкий, постепенно расширяющийся, лаз. Внутри это длинная череда коридоров высотой до 1.8 м (рис. 5.7.10 а, б) с небольшими комнатами, отходящими под прямыми углами от главного коридора в обе стороны и напоминающими монашеские кельи (рис. 5.7.11).

Существенная часть ходов в данное время обрушена, при этом наиболее пострадали коридоры и ниши в северной части монастыря (Рис. 5.7.12).

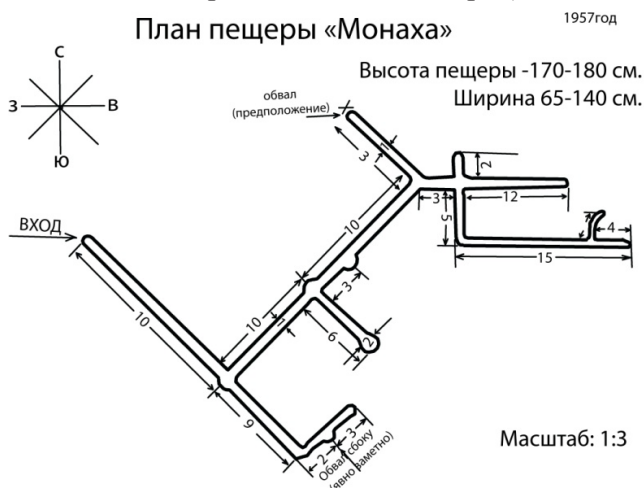


Рис. 5.7.8. План катакомб, сделанный Н. Черкасовым ◀



Рис. 5.7.9. Полуостров Заячий, вид с севера. Сейчас он возвышается на 8 м выше Иссык-Куля.▲



Рис. 5.7.10 а, б. Система коридоров катакомбного монастыря▲



Рис. 5.7.11. План катакомб, составленный в 2014 году.▲



Рис. 5.7.12. Обрушения стен в северной части монастыря. В коридор проникает свет из образовавшегося сквозного отверстия.▲



**Рис. 5.7.13.** Некоторые коридоры и ниши монастыря частично обвалились, что затрудняло передвижение исследователей. ▲



**Рис. 5.7.14.** Блок породы, отброшенный в результате сейсмотолчка. Справа – восточная стена коридора, в которой видна ниша отрыва. Пол засыпан толстым слоем рыхлого песка. ▲

В результате некоторые из них оказались практически засыпанными, и передвигаться можно было только ползком (Рис. 5.7.13).

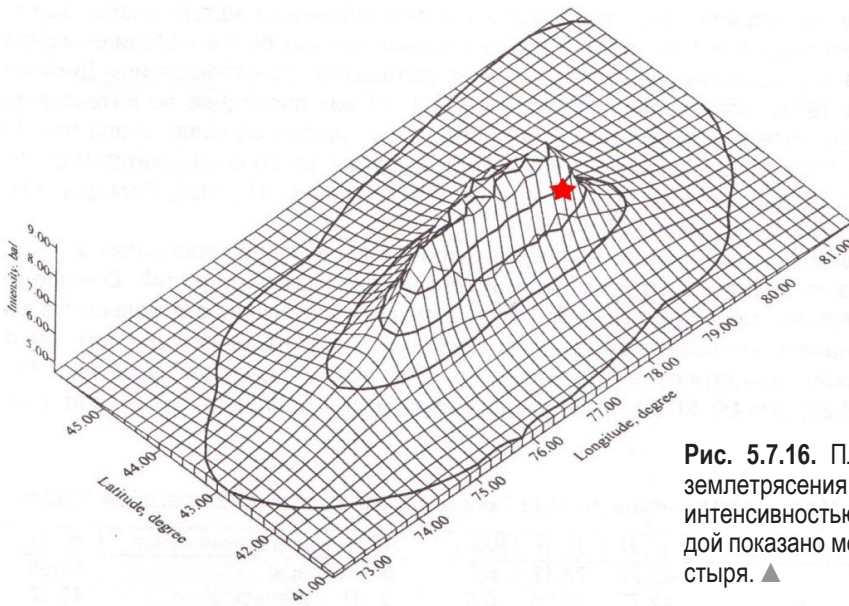
За счет частичного обрушения тыловой стенки главного коридора в северо-восточной части холма возник сквозной узкий лаз. В то же время в юго-восточной части монастыря в месте поворота коридора нами был зафиксирован блок породы, оторванный, по всей видимости, вследствие сейсмического удара в направлении с востока на запад, от восточной стенки коридора и прислоненный верхним краем к противоположной стене. О силе толчка говорит тот факт, что блок плотной породы высотой около 70 см был отброшен от стенки отрыва по горизонтали на расстояние около 40 см (рис. 5.7.14).

Полукруглые потолки части коридоров и ниш выработаны в более рыхлых грубозернистых переслаивающихся ожелезненных песках с прослоями дресвы и щебня. В подошве песков на контакте с более тонкозернистыми светло-палевыми алевритами нами были отмечены два горизонта сейсмита (сейсмогенных конволюций) (рис. 5.7.15) -деформационных структур, возникающих в неуплотненных и водонасыщенных песках, переслаивающихся с алевритами или глинами, в результате землетрясений.

Осадки теряют прочность вследствие разжижения, вызванного сейсмической вибрацией. Образование этих структур происходит при землетрясениях с  $M > 5$ , поэтому их наличие сви-



**Рис. 5.7.15.** Сейсмита в плейстоцен-голоценовых отложениях восточной части Иссык-Кульской котловины ▲



**Рис. 5.7.16.** Плейстосейстовая зона Кеминского землетрясения 1911 г. ( $M=8.2$ ;  $K=17.8$ ;  $I=10-11$ ) с интенсивностью в Тюпском районе 7 баллов. Звездой показано местоположение катакомбного монастыря. ▲

детельствует о как минимум двух сильных палеоземлетрясениях, потрясших восточную часть Иссyk-Кульской котловины в ходе накопления верхней, по всей видимости, голоценовой, пачки озерных осадков.

Территория Иссyk-Кульской области входит в пределы Северо-Тянь-Шаньского сейсмического пояса и характеризуется катастрофическими и разрушительными землетрясениями. Согласно данным сайта Министерства чрезвычайных ситуаций Киргизской Республики, на территории Иссyk-Кульской области выделены 18 районов ожидаемых землетрясений (РОЗ), и Курментинский РОЗ наряду с тремя другими районами I-категории отнесен к наиболее сейсмоопасным, в пределах которых интенсивность сотрясения земной поверхности может достигать 7-9 баллов. При этом, как показывают специализированные палеосейсмологические работы, эти очень высокие оценки сейсмической энергии могут оказаться заниженными за счет расщепления главного разрыва, маскирующего истинную величину сейсмогенного смещения в очаге [Корженков, 2007].

Наиболее разрушительное Кеминское землетрясение 1911 года ( $M=8.2$ ;  $K=17.8$ ;  $I=10-11$  баллов в очаге) вызвало в районе поселка Тюп сотрясения интенсивностью 7 баллов. Изосейсты были вытянуты в субширотном и северо-восточном направлении вдоль разломных границ Кунгейского и Заилийского хребтов (Рис. 5.7.16). Толчок ощущался на расстоянии более 1000 км от эпицентра, возникла система разрывов общей длиной около 200 км с запада на восток. За первые 6 месяцев было зафиксировано более 300 афтершоков (Джанузаков и др., 2003). Наличие значительных по объему полостей в рыхлых озерных отложениях в пределах 7-балльной изосейсты могло привести к полному обрушению катакомбного монастыря, подобно тому, как происходит обрушение выработанных угольных шахт в результате техногенных землетрясений, интенсивность которых значительно ниже. Таким образом, более правдоподобной, по всей видимости, является гипотеза о строительстве монастыря на полуострове Заячий уже после землетрясения 1911 г.

В то же время уже после Кеминского землетрясения в этой части Иссyk-Кульской впадины был зафиксирован целый ряд сильных землетрясений, которые монастырь, несмотря на повреждения, все-таки выдержал! В 1932 г. произошло Тюпское землетрясение интенсивностью на изучаемой территории 6.5 баллов и затем друг за другом Сарыкаммышское 1970 г. – по размерам очага и выделенной энергии крупнейшее после Кеминского 1911 г. землетрясение ( $M=6.8$ ;  $K=15.6$ ;  $I=8-9$  баллов в очаге и 6 баллов в районе поселков Тюп и Курменты); Торуайгырское 1975 г. интенсивностью 4.5 балла на рассматриваемой территории; Жаланаш-Тюпское землетрясение 1978 г. ( $M=6.6$ ;  $K=15.6$ ;  $I=8-9$  в эпицентре и вновь 7 баллов в районе поселков Тюп и Курменты) (Джанузаков и др., 2003). И, наконец, 28.01.2013 г. в указанном районе произошло Сарыджазское (Каркаринское) землетрясение магнитудой 6.2, энергетическим классом 15, с глубиной очага 14 км. Интенсивность землетрясения в эпицентре составила 7-9 баллов, в



Тюпском районе - 5.5-6.5 баллов (Рис. 5.7.17), что, по всей видимости, сыграло свою роль в обрушении северной стенки монастыря и появлении нового сквозного отверстия.

В целом, чтение молитв под толщей песчаных толщ в таком сейсмически активном районе является достаточно опасным времяпрепровождением, несмотря на удивительную устойчивость этих рыхлых отложений. Возможно, по этой причине нами не были отмечены копыт на стенах и иные признаки активной деятельности монахов-отшельников в кельях монастыря, помимо современных бумажных икон и молитвенников (Рис. 5.7.18).



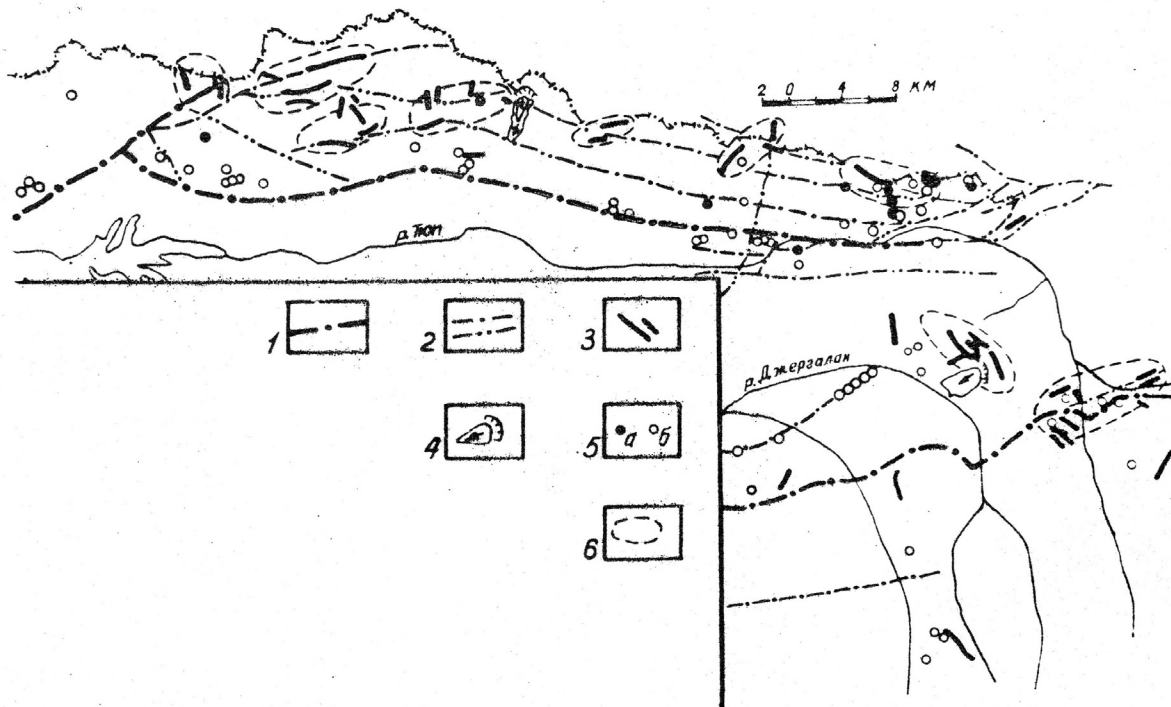
**Рис. 5.7.17.** Плейстосейстовая зона Сарыджазского (Каркаринского) землетрясения 2013 г. ( $M=6.2$ ,  $K=15$ ,  $I=7-9$ ) интенсивность в Тюпском районе 5.5-6.5 баллов. Звездой показано местоположение катакомбного монастыря.▲



**Рис. 5.7.18.** Современные бумажные иконы в нишах монастыря, закрепленные в осыпающемся со стен песке. На переднем плане – сейсмогенные конволюции в песчано-алевритовых отложениях, напоминающие о постоянной опасности при нахождении в стенах этого рукотворного подземного монастыря и необходимости соблюдения техники безопасности даже во время богослужений.▲

### 5.8. Сейсмодислокации Восточного Прииссыккуля

В 1983-1984 гг. в Восточном Прииссыккуле были проведены детальные полевые работы, а также дешифрирование аэрофотоснимков, что позволило значительно расширить распространение палеосейсмодислокаций данного района. Здесь также выделены участки группирования сейсмодислокаций (рис. 5.8.1).



**Рис. 5.8.1.** Схема сейсмодислокаций восточного Присыккуля (по [Детальное сейсмическое..., 1988]): 1 - краевые новейшие разломы; 2 - прочие новейшие крутопадающие разрывы; 3 - сейсморвы; 4 - сейсмогравитационные срывы; 5 - внемасштабные гравитационные дислокации: а - древние (голоцен - поздний плейстоцен), б - "свежие" (историческое время); 6 - предполагаемые плейстосейстовые зоны палеоземлетрясений.▲

### 5.9. Западно-Талдысуйский участок

(№ 8 на рис. 5.1)

Здесь установлены дислокации сейсморазрывного и сейсмогравитационного типа [Чаримов и др., 2005]. Самые крупные нарушения отмечаются в междуречье Сарыбулак-Талдысуу, представленные рвами и уступами северо-восточного простирания, в основном приурочены к зонам разломов. Наиболее протяженный ров северо-восточного простирания находится в водораздельной части рек Ичкесу-Талдысуу. Его длина 4 км, ширина 5-10 м. Иногда ров переходит в микрограбены. Гипсометрически ниже тянутся еще два рва, приуроченные к ветвям Аксуйского разлома, их глубина 3 м, протяженность до 3 км.

Можно предположить, что при крупных сейсмических событиях как в прошлом, так и в настоящее время, пригребневая часть Кунгей Ала-Тоо могла испытывать резкие проседания, связанные с процессом "утряски" мелких блоков. Современные вертикальные движения в центральной части хребта приводят к "раскрытию" разрывов, ограничивающих мелкие блоки, и опусканию последних при землетрясениях. На это указывают и геодезические данные.

На этом участке расположен и значительный по размеру обвал в коренных породах по долине р. Корумду. Обвальная масса перегородила долину, образовав подпрудное озеро. Среди обвальной массы выделяются две генерации, второй – более молодой обвал имеет маленькую нишу, которая насажена на место более древнего срыва. Срыв приурочивается к зоне разлома северо-восточного простирания. Объем сорванной массы около 3.5 млн. м<sup>3</sup>.

### 5.10. Восточно-Талдысуйский участок

(№ 15 на рис. 5.1)

Участок заключен между восточным окончанием Кунгея и долиной р. Кенсу [Чаримов и др., 2005]. Здесь, в основном, развиты сейсмогравитационные формы, рвы в небольшом количестве. Так, ров протяженностью около 3 км сопряжен с крупными срывами коренных пород.

Другие значительные нарушения здесь приурочены к зоне разлома, ограничивающего Тасминскую антиклиналь с севера. Поднятие сложено палеоген-неогеновыми образованиями, в которых при Чиликском землетрясении образовались разрозненные срывы с длиной стенки отрыва не превышающей 50 м. Общая длина участка около 9 км [Утиров, 1993].

**5.11. Джергаланский участок сейсмодислокаций**

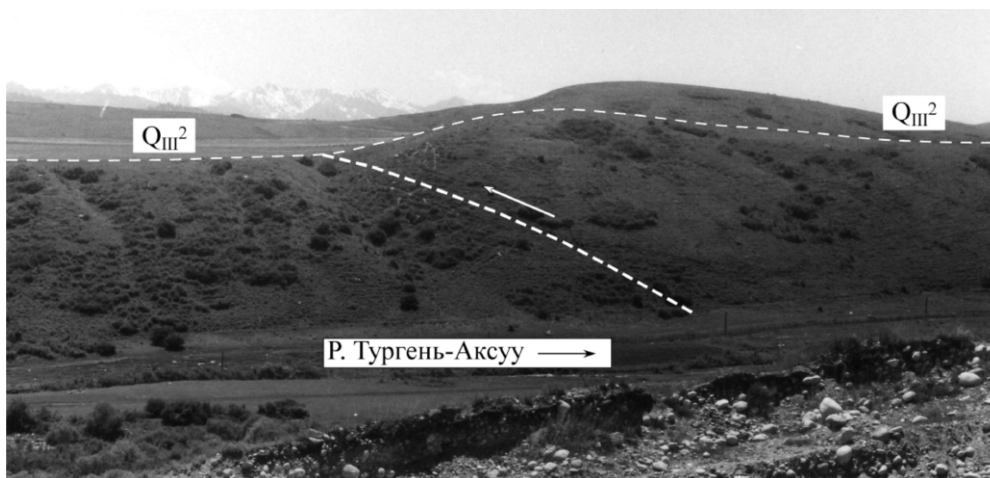
(№ 16 на рис. 5.1)

Участок приурочен к зоне сочленения Терской хребта и Иссык-Кульской впадины. Здесь развиты дислокации: рвы, срывы и обвалы в коренных породах [Чаримов и др., 2005]. Хорошо выражен ров на перевале Тюп-Джергалан, его ширина 2-5 м, протяженность в восток-северо-восточном направлении до 17 км. Ниже поселка Джергалан, по правому склону долины одноименной реки, имеется грандиозный оползень, сорванный со склона горы Чубаржан, высота стенки отрыва 60 м, длина массы 3 км, ширина до 4 км, мощность 10-15 м, объем сорванной массы – 312 млн. м<sup>3</sup>. Оползень имеет три генерации и значительно обводненную поверхность. В пригребневой части горы Чубаржан выделены серии рвов меридионального простирания длиной 4-5 км. С западной стороны г. Чубаржан выделен ров длиной 2.5 км, шириной – 3-10 м, глубиной – 3-5 м, местами он расщепляется на три ветви. Перпендикулярно этому рву причленяется ров субширотного простирания длиной 0.5 км, шириной 3 м, глубиной до 1 м. На восточной стороне г. Чубаржан также наблюдается серия рвов, протяженностью 2-2.5 км, шириной 5 м, глубиной 3 м.

Западнее долины р. Джергалан срывы трассируют зону разрывов субширотного простирания. А в нижней части долины р. Турген-Аксу имеет место вздергивание позднечетвертичной террасы реки на величину в среднем 10 м (рис. 5.11.1).

Во время Чиликского землетрясения 1889 г., по данным И.В. Мушкетова [1891], береговая низменная песчаная полоса в районе могилы Н.М. Пржевальского была разорвана множеством трещин, которые сформировали уступы в виде гигантской лестницы. Более возвышенный песчаный берег заметно осел, в нем местами возникли оползни и оплывины. Берега залива Пржевальского и реки Каракол в приустьевой части местами сползли уступами, частично полностью погрузились в воду. Фонтаны из трещин достигали в высоту двух метров, а после их спада остались кратеры диаметром около 6 м и глубиной 0.2-0.4 м. Низкая терраса р. Джергалан высотой 1.5-2 м, сложенная водонасыщенными суглинками и супесями, в результате подземных толчков оказалась изрытой трещинами, а обрывистый край 40-50-метровой террасы правого берега местами обвалился.

В 1970 г. произошло VIII-бальное Сарыкамышское землетрясение. Его эпицентр располагался на северном склоне хр. Терской Ала-Тоо, в 18 км восточнее Пржевальска. Участок сейсмодислокаций, образовавшийся в эпицентральной зоне, локализовался в узкой (2 x 5 км) полосе широтного простирания, в 2 км к югу от села Каирма-Арык [Григоренко и др., 1973]. Восемь вершин гребня Кольтор, сложенные протерозойскими гранитами и гнейсами, к востоку от горы Коккия, в результате подземных ударов были рассечены серией трещин длиной 10-15 м, глубиной до 1 м и шириной 0.2-0.6 м, реже до 2.5 м. Простирание трещин было юго-западным или юго-восточным - параллельным изогипсам рельефа (трещины отседания). На отдельных участках в делювиальных суглинках возникли сеймосрывы длиной 15-25 м. По данным Г.А. Шмидт [1977] трещины в рыхлых грунтах обычно концентрировались в предгорьях, сложенных водоупорными моренными сугликами среднего плейстоцена, перекрытыми



**Рис. 5.11.1.** Вздергивание террас в нижней части долины р. Турген-Аксу. Средняя высота сейсмоуступа – 10 м. Вид на запад. На заднем плане видны снежные вершины хр. Терской Ала-Тоо.▲

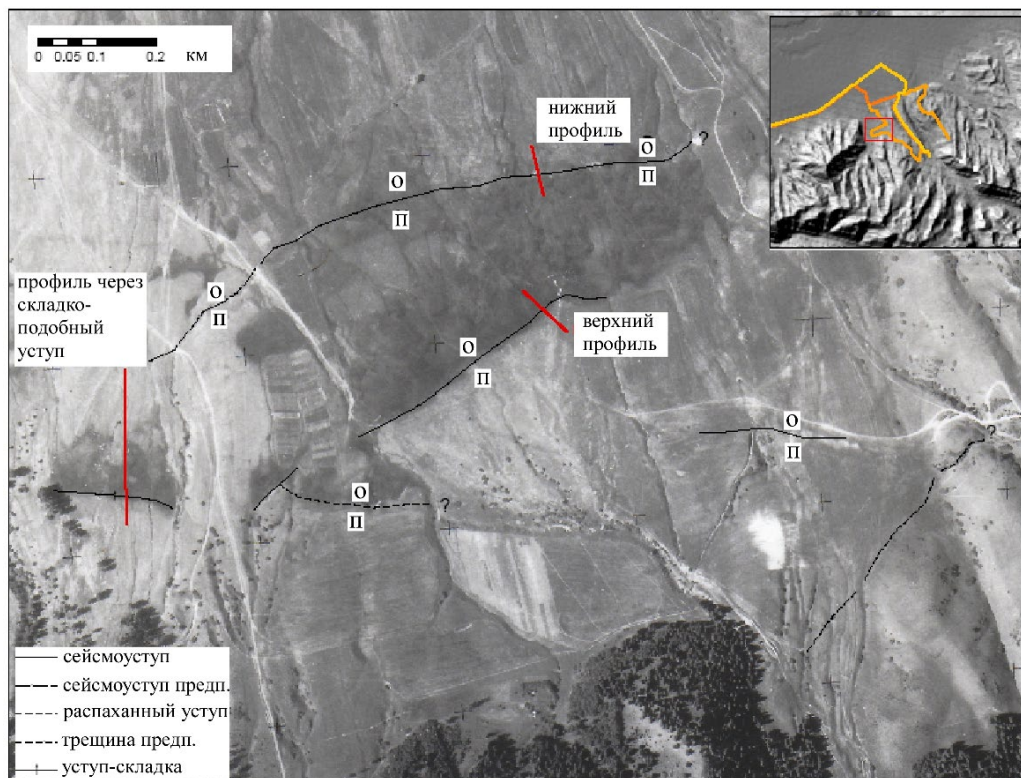
5-метровым чехлом лессовидных суглинков. Трещины возникли преимущественно на склонах северной и восточной экспозиций. Сейсморвы в суглинках и сейсмооползни были развиты незначительно и часто наследовали более древние и крупные деформации. Они локализовались на участках выходов грунтовых вод в нижнем течении рек Джергес, Ичке-Джергес, в долине родника Шор-Булак.

По данным Григоренко и др. [1973], у пристани Пржевальского (устье реки Каракол) в 200-300 м от береговой линии, где грунтовые воды залегают на глубине до 0.5 м, возникли прерывистые трещины в песчаных грунтах длиной 5-15 м. На участках кулисообразного поворота трещин, либо в их центре произошли выбросы песка с водой. На правом берегу реки Джергалан, у села Орлиное, в первой надпойменной террасе образовалась серия прерывистых трещин общей длиной 250 и шириной 0.15 м. Вертикальное перемещение грунтов по падению рельефа не превышало 0.15 м.

Образование вышеописанных сейсмодислокаций на Джергаланском участке, вдали от эпицентра землетрясения, обусловлено по данным Г.А. Шмидт [1977] составом грунтов и гидрогеологическими условиями. В прибрежной полосе озера и под суглинками в долине реки Джергалан развиты водонасыщенные пльвинные разности тонко- и мелкозернистых песков, разрывающихся и фонтанирующих под действием гидравлического удара.

В 2007 г. нами (Б. Гуральник, А.М. Корженков, К. Кросби, Э. Мамыров, И.Э. Поволоцкая, Р. Эрроусмит) проводились полевые исследования в эпицентральной зоне Сарыкамышского землетрясения. Через 37 лет после сейсмического события нам не удалось обнаружить каких-либо следов сейсмодислокаций, связанных с этим землетрясением. Это обстоятельство, по-видимому, связано с небольшими размерами упомянутых дислокаций и очень высоким уровнем осадков в Восточном Прииссыккулье.

Тем не менее, нашей группой были выявлены следы более древних и, по всей видимости, более сильных сейсмических катастроф. Это был ряд заплывших сейсмоуступов субширотного, а также СВ и ВСВ простирания (рис. 5.11.2-5.11.5). Длина тектонических дислокаций составляла от первых сотен метров до 1 км. Остаточная высота одного из этих уступов достигала 6 м. Судя по их выраженности в рельефе и сохранности, данные сейсмодислокации принадлежат к двум значительным ( $M \geq 7$ ) палеоземлетрясениям. Возраст землетрясений, скорее всего,



**Рис. 5.11.2.** Аэрофотоснимок эпицентральной зоны Сарыкамышского землетрясения 1970 г. с нанесенными на него сеймотектоническими палеосейсмодислокациями (выполнено Б. Гуральником и др.). Во врезке в правом верхнем углу – трассы наших маршрутов. о – опущенное крыло сейсмоуступа, п – поднятое (вздернутое) крыло.▲

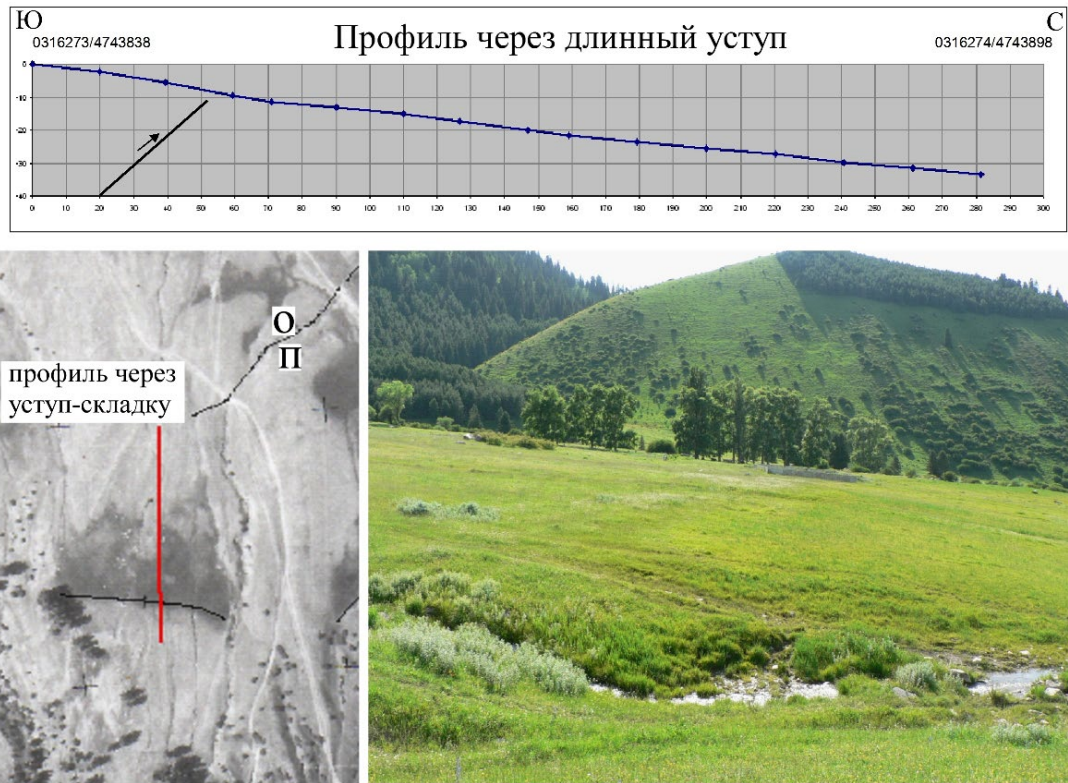


Рис. 5.11.3. Длинный складкообразный палеосейсмоуступ в эпицентральной зоне Сарыкамьшского землетрясения. Выполнено Б. Гуральником и др. о – опущенное крыло сейсмоуступа, п – поднятое (вздернутое) крыло.▲

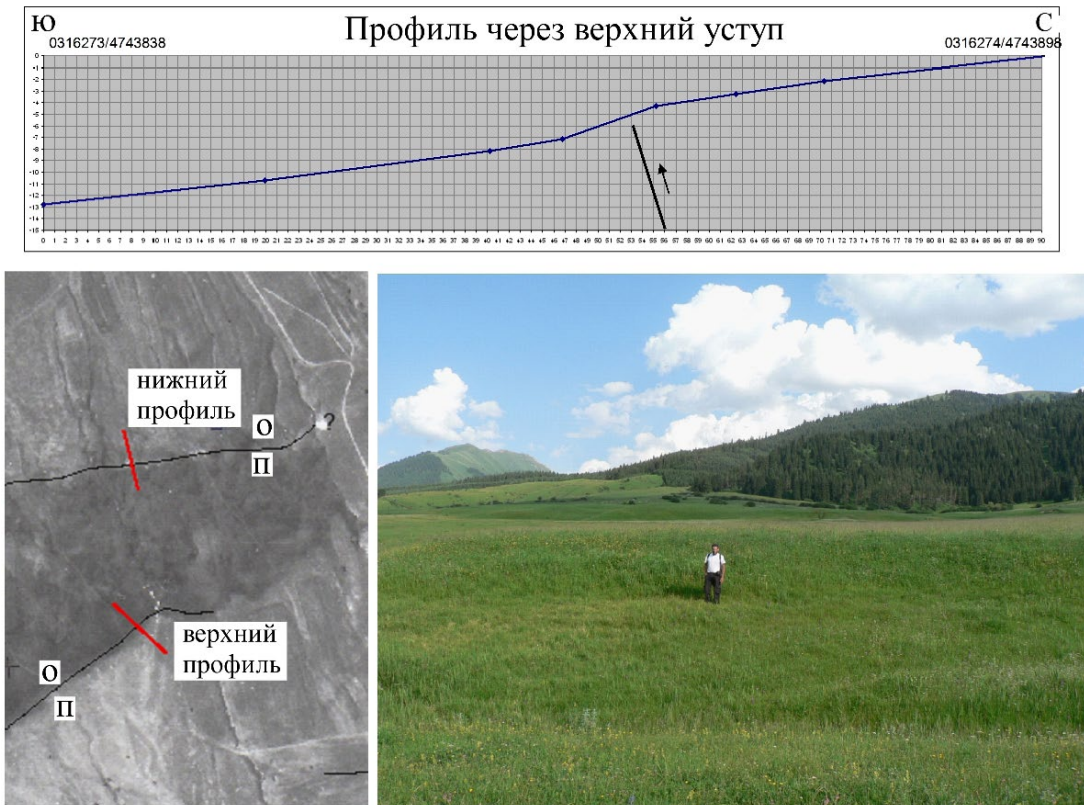
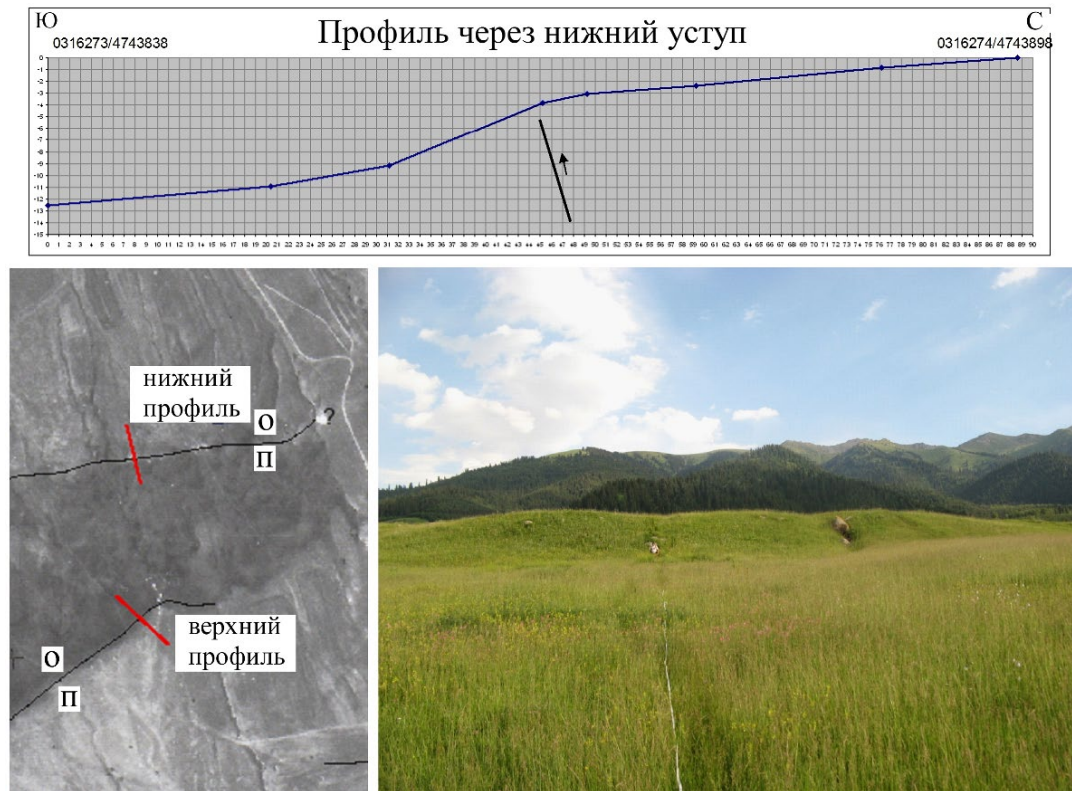


Рис. 5.11.4. Верхний палеосейсмоуступ в эпицентральной зоне Сарыкамьшского землетрясения. Выполнено Б. Гуральником и др. о – опущенное крыло сейсмоуступа, п – поднятое (вздернутое) крыло.▲



**Рис. 5.11.5.** Нижний палеосейсмоуступ в эпицентральной зоне Сарыкамышского землетрясения. Выполнено Б. Гуральником и др. о – опущенное крыло сейсмоуступа, п – поднятое (вздернутое) крыло.▲

голоценовый, но для более точной оценки времени возникновения древних сейсмических событий необходимо их специальное палеосейсмологическое изучение посредством проходки и документирования траншей вкрест сейсмоуступов.

Общая протяженность Джергаланского участка сейсмодислокаций составляет около 30 км [Утиров, 1993].

\*\*\*

До последнего времени считалось, что сейсмодислокации в южной части Иссык-Кульской впадины менее распространены. Ч.У. Утировым [1993] здесь выделяются 3 сравнительно небольших участка сейсмодислокаций.

### 5.12. Кызылсуйский участок сейсмодислокаций (№ 17 на рис. 5.1)

Это единственный участок сейсмодислокаций Кебинского землетрясения 1911 г., выявленный по разрывам, принадлежащим к зоне Предтерской краевой разлома, ограничивающего северный склон хребта Терской Ала-Тоо. По данным опроса [Богданович и др., 1914], нарушения образовались в рыхлых неогеновых отложениях и представлены сеймосрываками с длиной стенки отрыва около 50 м, реже 100 м при высоте 30-40 м.

Кроме сравнительно незначительных современных сейсмодислокаций тут же имеются и значительные палеосейсмодислокации. Здесь на левом склоне долины р. Чон-Кызыл-Суу в зоне Предтерской разлома имеется грандиозный обвал коренных пород, а также и красноватых киргизской серии (рис. 5.12.1). Площадь обвальной массы, сорвавшейся только с одной воронки отрыва, достигает более 1 кв. км. Ее средняя мощность – 30 м, таким образом, объем тела свала составляет более 30 000 000 куб. м. Однако по соседству имеется еще одна воронка отрыва в коренных породах. По ней массы пород свалились вниз и перемешались в нижней части со свальными массами обвала, описанного выше. Общий объем свала, возможно, достигает 50 000 000 куб. м. Интересная структура находится в нижней части “первой” плоскости отрыва обвала. Возможно, что это блок недезинтегрированных пород, претерпевших лишь незначительную транспортировку вниз, либо это значительный сейсморыв-уступ по линии Предтерской краевой разлома. Длина формы около 1 км, ширина в среднем 10 м. Ров(?) практически полностью заполнен рыхлыми склоновыми отложениями.

В совокупности с обвалами имеются также и оползни до 2-х генераций (рис. 5.12.2). Общая площадь оползневой массы (перемешанные отложения киргизской серии и четвертичные отложения) достигает 0.5 кв. км, средняя мощность оползня – 10 м. Таким образом, общий объем сползшей массы достигает 5 000 000 куб. м. Кроме “классических” оползней в районе Кызыл-Суйского участка сейсмодислокаций нами были выявлены любопытные гравитационные формы так называемых мобилизованных морен. Термин был впервые предложен проф. О.К. Чедия [Чедия и Корженков, 1995] при обследовании им и его группой последствий Кебинского землетрясения 1911 г. в Северном Кыргызстане. Предполагается, что эти образования формируются следующим образом: обычные моренные отложения, находящиеся в неустойчивом состоянии на склоне горного хребта, перемещаются или срываются вниз во время сейсмических потрясений. Они, в отличие от непотревоженных моренных тел, с поверхности имеют типичную флюидную текстуру и спускаются в современную пойму основной реки, накладываясь на голоценовый (и практически современный) аллювий. Зачастую моренные по генезису отложения, оказываются на аномально низких высотах, не свойственных остальным ледниковым отложениям региона. Их соскальзывание вниз происходило уже в отсутствие ледника за счет сотрясаемости местности при землетрясениях, которое облегчалось наличием вечной мерзлоты, а также и мертвого погребенного льда в основании отложенной морены. В качестве примера таких форм на Тянь-Шане, образовавшихся в присутствии очевидцев, являются некоторые моренные языки в долинах рек Чон-Кемин и Чон-Аксуу [Богданович и др., 1914; Чедия и Корженков, 1997; Дельво и др., 2001; Arrowsmith et al., 2004, 2005; Korjenkov et al., 2004; Корженков, 2006]. Известно, что они были “перетряхнуты” в зонах выходов сейсмогенных разрывов Кебинского ( $M > 8$ ) землетрясения 1911 г. на поверхность и продолжили свое движение вниз - в долины рек после многотысячелетнего перерыва. Если возраст сброшенных морен в долинах рек Чон-Аксуу и Чон-Кемин известен, то языки морен Коман-Суу в Алайской долине и Джаркорумду в Кочкорской впадине сорвались вниз и заняли аномально низкое положение во время позднеплейстоценовых - голоценовых палеоземлетрясений [Никонов и др., 1983; Корженков, 1999, 2006]. Подобные явления срывов моренных образований или их деформаций более поздними оползнями описаны и для других регионов мира: А.Р. Агаевой и др. [2006] в горах Алтая, Б.П. Важениным [2013] в Приохотье, А.Л. Стромом [Strom, 2013] на Памире.

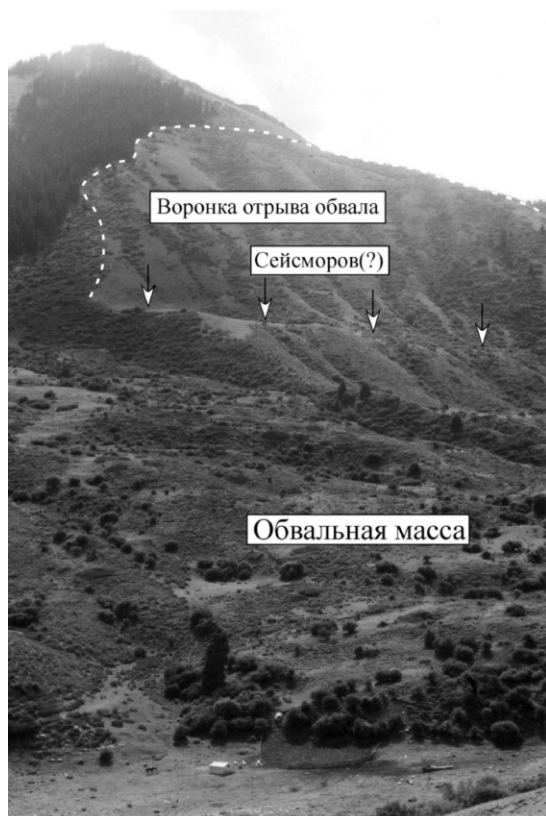


Рис. 5.12.1. Обвал в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу. (Объяснения см. в тексте). Для масштаба см. чабанскую палатку в нижней части снимка. ◀

Рис. 5.12.2. Две генерации оползней в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу. Описание см. в тексте. ▼

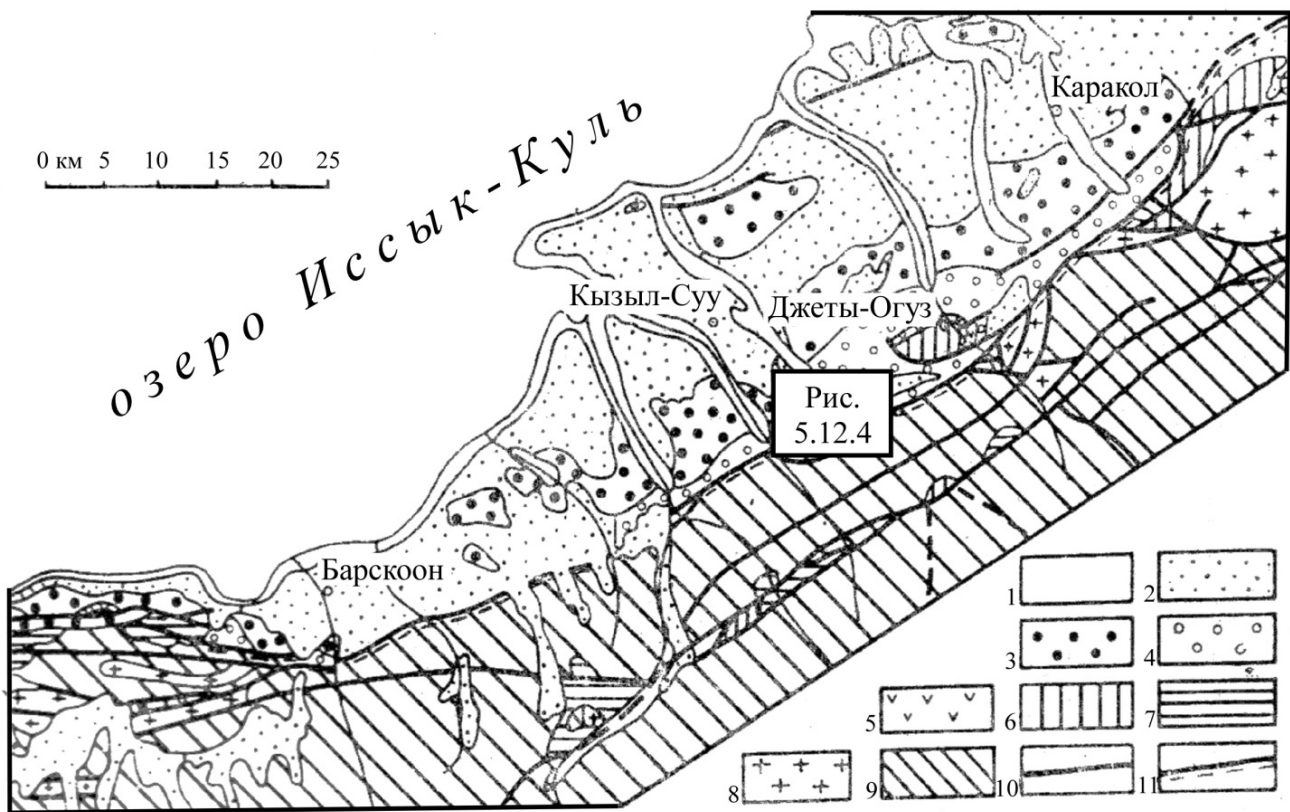


НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И ЗОНА ПРЕДТЕРСКОЙСКОГО РАЗЛОМА В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧОН-КЫЗЫЛСУУ

Рассмотрим неотектонические структуры в Юго-Восточном Прииссыккулье. На юге Предтерской разлом отделяет Иссык-Кульскую впадину, выполненную мезозойско-кайнозойскими отложениями, от домезозойского горного обрамления, слагающего хребет Терской Ала-Тоо. Основное внимание мы уделили участку разлома в долине реки Чон-Кызылсуу (рис. 5.12.3). Его описание приведено ниже.

Для территории долины реки Чон-Кызылсуу была составлена детальная карта четвертичных отложений. Она была построена на базе кондиционной геологической карты 1977 г. масштаба 1:50 000 Киргизского Управления геологии [Стрельцов и др., 1977]. Эта карта была дополнена материалами дешифрирования аэрофотоснимков и полевых исследований 2009-2012 годов, также были нанесены места расположения гравитационных сейсмодислокаций (рис. 5.12.4).

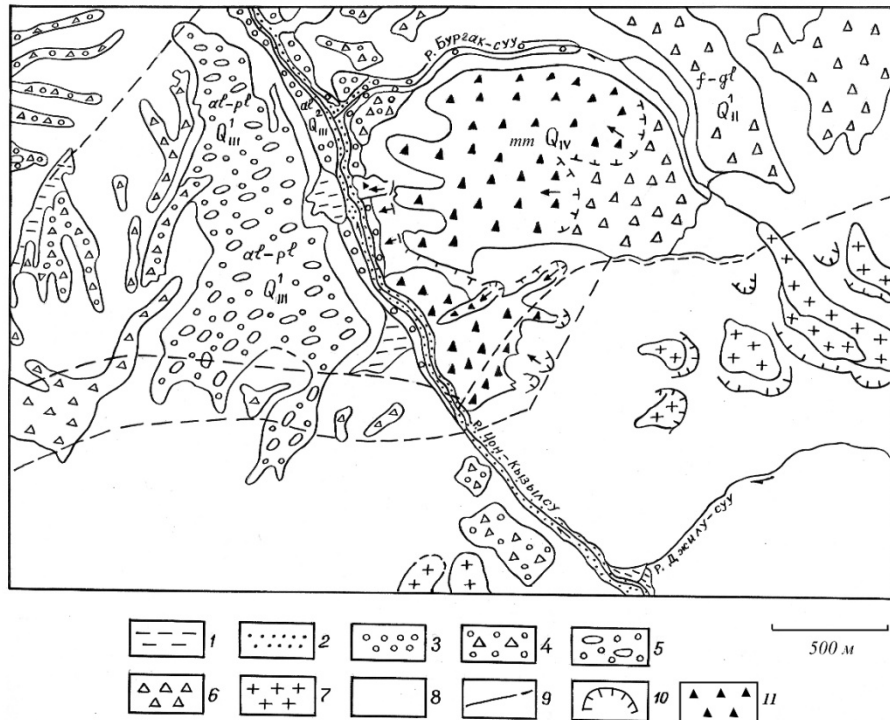
Было установлено, что в долине р. Чон-Кызылсуу (рис. 5.12.5) зона Предтерской разлома выражена довольно отчетливо по правому ее склону. Здесь к Внешнему разлому приурочен тыловой шов среднечетвертичной террасы  $Q_{II}^2$ , а к Внутреннему — тыловой шов среднечетвертичной террасы  $Q_{II}^1$ , из которых первый присыпан коллювиальными отложениями, сползающими с валунистого чехла террасы, а второй четко виден. По Внешнему разлому контактируют киргизские красноцветы, преимущественно в высыпках, с красными гранитами, разбитыми трещинами в самых различных направлениях, приведших к неправильным формам отдельности. В целом породы катаклазированы [Чедия и др., 1988].



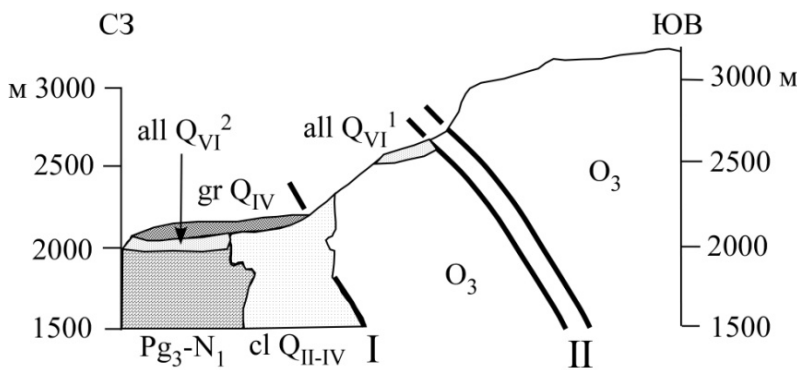
**Рис. 5.12.3.** Геологическая карта Юго-Восточного Прииссыккулья (по данным О.К. Чедия и др. [1988] с изменениями). 1 - голоценовые озерные и аллювиально-пролювиальные отложения; 2 - верхне- и среднечетвертичные отложения озерных, речных террас и пролювиальных шлейфов; 3 - верхнеплиоцен-нижнечетвертичные и миоцен-плиоценовые отложения; 4 - верхние олигоцен-миоценовые и эоцен-олигоценные отложения; 5 - нижнеюрские отложения; 6 - каменноугольные отложения; 7 - девонские отложения и интрузивные образования; 8 - силурийские и ордовикские интрузивные образования; 9 - кембрийские и протерозойские образования; 10 - разрывы; 11- Предтерской разлом. Прямоугольник указывает расположение следующего рисунка 5.12.4.▲



К Внутреннему сместителю приурочена расланцованная дайка диабаз-порфирита с хлоритовыми зеркалами скольжения. Она падает в южных румбах под углом 60—65°. Выше с теми же элементами залегания и мощностью около 30 м наблюдается пачка плотной тектонической брекчии, состоящей из притертых окварцованных обломков розовых гранитов, расланцованных порфиритов, кремненных фиолетовых алевролитов и зеленых туфопесчаников. Брекция спаяна кварцевыми жилами неправильных форм и прожилками более молодых генераций. Вся эта полоса морфологически выражается уступом высоких террас, прислоненных к горному массиву. Она прослеживается и к востоку, и к западу от р. Чон-Кызылсуу [Чедия и др., 1988].



**Рис. 5.12.4.** Карта четвертичных отложений бассейна реки Чон-Кызылсуу. 1 - пролювиальные отложения раннего голоцена; 2 - аллювиальные отложения верхнего плейстоцена - голоцена; 3 - аллювиально-пролювиальные отложения середины верхнего плейстоцена; 4 - аллювиально-пролювиальные отложения начала верхнего плейстоцена; 5 - позднечетвертичные флювиогляциальные отложения; 6 - среднетчетвертичные аллювиально-пролювиальные отложения; 7 - четвертичные морены; 8 - домезозойские скальные породы; 9 - разломы; 10 - ледниковые цирки и кары, а также воронки отрыва оползней; 11 - мобилизованные морены.▲



**Рис. 5.12.5.** Обвальные массы в лежачем крыле Предтерской разлома на правом склоне долины реки Чон-Кызылсуу (разрез по Чедия и др. [1988] с изменениями). gr Q<sub>IV</sub> – гравитационные массы (сброшенные морены), cl Q<sub>II-IV</sub> – коллювиальные отложения среднеплейстоценового-голоценового возраста, all Q<sub>VI</sub><sup>1</sup> – аллювиальные отложения нижней части среднего плейстоцена, all Q<sub>VI</sub><sup>2</sup> – аллювиальные отложения верхней части среднего плейстоцена, Pg<sub>3</sub>-N<sub>1</sub> – олигоценные-миоценовые отложения (киргизская свита), O<sub>3</sub> – различные фации пород ордовика, I – зона Предтерской краевой разлома, II – зона внутреннего разлома (в тылу Предтерской).◀

СЕЙСМИЧЕСКИ МОБИЛИЗОВАННЫЕ МОРЕНЫ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧОН-КЫЗЫЛСУУ

Было установлено, что большая часть обвальных масс, находящихся на правом склоне долины р. Чон-Кызылсуу являются так называемыми мобилизованными моренами – отложениями позднеплейстоценового оледенения, сорванными во время голоценового землетрясения и сброшенными вниз – в долину вышеназванной реки (рис. 5.12.4 и 5.12.6-5.12.8). Возраст этих сорванных морен был определен Е.В. Максимовым и др. [1987] по паре определений возраста методом радиоуглеродного анализа: ЛУ-963 – 3010±300 лет и ЛУ-959 - 2910±120 лет. Таким образом, около 3000 лет назад вдоль Предтерской разлома произошло сильное землетрясение, приведшее к срыву моренного материала, находившегося в неустойчивом положении на северном склоне хр. Терской Ала-Тоо. Данный завал подпрудило русло реки Чон-Кызылсуу, что вызвало образования озера позади дамбы и накопление озерных отложений (рис. 5.12.9 а). Нами было установлено наличие трех горизонтов сейсмогенных конволюций в вышеупомянутых озерных накоплениях (рис. 5.12.9 б-г), которые образовались во время более поздних землетрясений.

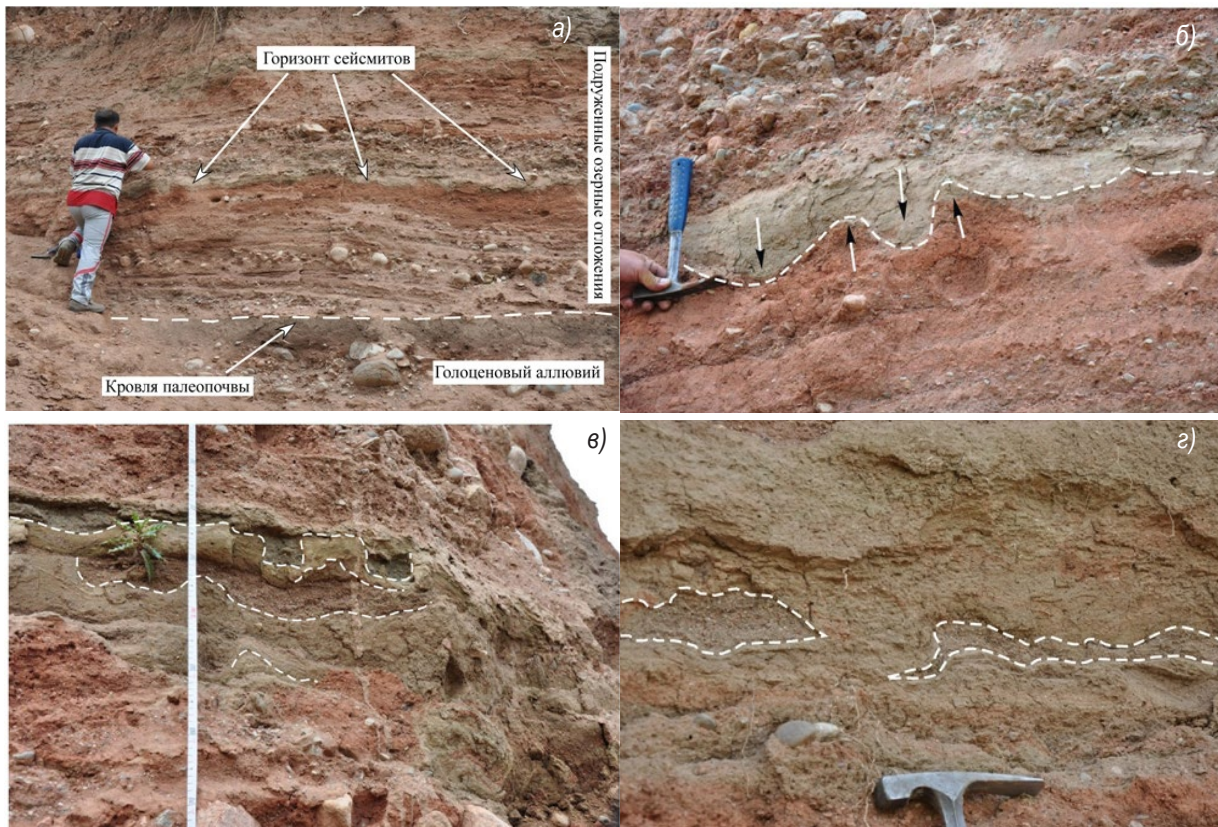


Рис. 5.12.6. Обрушение позднеплейстоценовых морен в долине р. Чон-Кызылсуу. Аэрофотоснимок.▲



Рис. 5.12.7. Сорванная морена на поверхности среднечетвертичной террасы на правом склоне долины р. Чон-Кызылсуу. На переднем плане – гранитная глыба, отброшенная в сторону во время движения морены вниз. На среднем плане (позади глыбы) - выпуклая поверхность, напоминающая край перевернутого блюдца – отложения таявшего мертвого льда, принесенного мореной (холм позади).▲

Рис. 5.12.8. Часть материала сброшенных морен достигла дна долины реки Чон-Кызылсуу и временно подпрудила русло.▲



**Рис. 5.12.9.** Разрез озерных отложений позади завала на левом склоне долины р. Чон-Кызылсуу: а) Общий вид обнажения. б) Сейсмогенные конволюции в озерных осадках. Видно внедрение песков вверх: в слой суглинков и погружение слоя суглинков вниз: в пески. в) “Волнообразные” конволюции и сейсмитами в виде карманов (песок внедряется вниз в глину). з) “Змеевидные” и “рыбоподобные” сейсмитами (песчаные деформированные фрагменты в глинистом заполнителе).▲

- Приведем описание разреза этих отложений снизу-вверх: от более древних к более молодым в южной стенке разреза (рис. 5.12.10). Само обнажение находится близ проселочной дороги, ведущей вверх по долине р. Чон-Кызылсуу, в 300 м к ЗСЗ от уреза воды с абсолютной отметкой 2100 м.
- 1) Выше осыпи наблюдается слой коричневой супеси с включениями редких окатанных галек, размером до 15 см. Видимая мощность слоя – 29 см.
  - 2) Слой мелкого галечника, заполнитель песчано-глинистый и дресвяный. Гальки средней окатанности, их размер: 0,5, 4, 7 см. Мощность слоя 10 см.
  - 3) Кирпично-коричневая супесь с редкими включениями мелкой плохо-окатанной гальки. Мощность слоя 38,5 см.
  - 4) *Погребенная* темно-коричневая супесчаная почва. В ее подошве встречаются редкие окатанные гальки размером 8, 10, 16 см. Мощность почвы 22 см. В ней была отобрана проба для определения радиоуглеродного возраста *KZS-1* (cal. C14: 4889-4848 лет).
  - 5) Паттумный слой кирпично-красного цвета: мелкая галька и дресва “висят” в крупнозернистом песке. Размер галек: 3, 3,5, 6 см. Мощность слоя 22 см.
  - 6) Кирпично-красный слой крупнозернистого песка с тонкими прослоями среднезернистого. В подошве слоя имеются редкие включения плохо-окатанной гальки размером 2, 3, 5 см. Мощность слоя 21,5 см.
  - 7) Слой валунника. Размеры обломков: 12, 16, 18, 19 см. Цемент кирпично-красный песчано-суглинистый. Мощность слоя 19 см. В верхней части слоя была отобрана проба - угольки для определения радиоуглеродного возраста *KZS-2* (cal. C14: 3514-3468 лет).
  - 8) Мусорная толща – паттум с включением мелкой гальки и дресвы. Мощность слоя 27 см.
  - 9) Переслаивание крупно- и среднезернистых прослоев песка и суглинка. В слое видны многочисленные деформации – *сейсмогенные конволюции*: “карманы” - протрузии песка вниз в суглинки. Мощность слоя 32,5 см.
  - 10) Крупнозернистый песок. Мощность слоя 17,5 см.
  - 11) Серо-коричневый галечник. Галька - средней окатанности и различных размеров (в целом – до 10 см). Мощность слоя 42 см. В слое была отобрана проба - угольки для определения

радиоуглеродного возраста *KZS-3* (cal. C14: 2929-2845 лет).

- 12) Переслаивание прослоев красно-коричневого суглинка и песка. Из-за раздува верхнего галечникового слоя, данный слой в месте замера, практически выклинивается. Однако к востоку в обнажении он присутствует, и в нем имеются волнообразно деформированные прослои тонкозернистого песка – *сейсмогенные конволюции*. Мощность слоя условно принята в 10 см.
- 13) Слой паттумов с включением мелкой окатанной гальки и дресвы. Мощность слоя 79 см.
- 14) Слой суглинка с деформированным и разорванным прослоем тонкозернистого песка – *сейсмогенные конволюции*. Мощность слоя 39 см.
- 15) Чередование прослоев мелкой гальки и крупнозернистого песка. Мощность слоя 27 см.
- 16) Светло-коричневый суглинок. Мощность слоя 42 см.
- 17) Пролувиальный слой. Окатанная галька и валуны, размером до 20 см. Отсутствует сортировка и слоистость. Мощность слоя 159 см.
- 18) Современная горная черная супесчаная почва, венчающая весь разрез. Мощность почвы 58 см. В ней на глубине 50 см была отобрана проба для определения радиоуглеродного возраста *KZS-4* (cal. C14: 867-824 года).

Приведенные выше 4 возрастные радиоуглеродные датировки образований, отложившихся позади естественной дамбы в долине р. Чон-Кызылсуу были получены из лаборатории Бета (Майами, США) (табл. 5.12.1 и рис. 5.12.10).

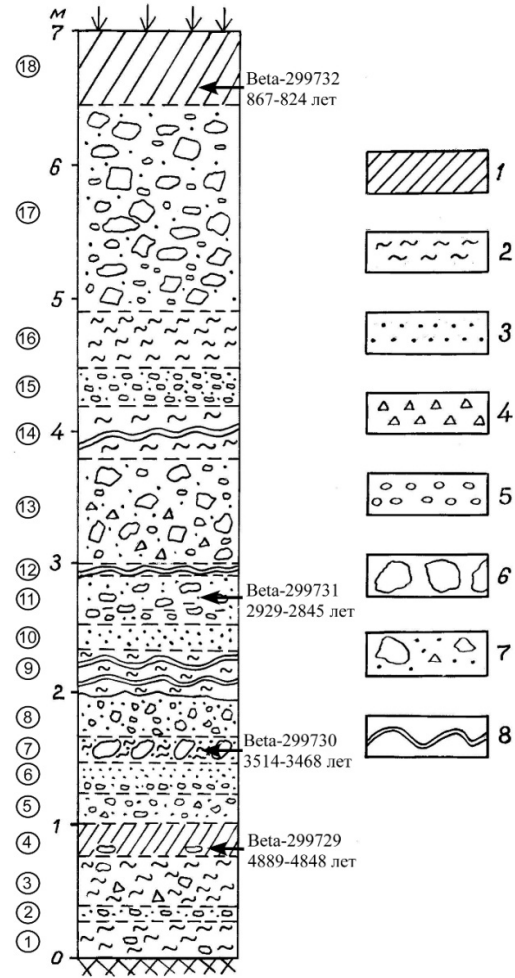


Рис. 5.12.10. Стратиграфическая колонка отложений, накопившихся позади естественной дамбы, в среднем течении р. Чон-Кызылсуу. 1 – почвы, 2 – суглинки и супеси, 3 – пески, 4 – дресва, 5 – галечник, 6 – валунник, 7 – паттумы и пролувиальные отложения, 8 – горизонты с сейсмогенными конволюциями. Цифры в кружочках соответствуют нумерации слоев подпругенной толщи в тексте.▲

Таблица 5.12.1. Радиоуглеродные датировки озерных отложений позади естественной палеодамбы на р. Чон-Кызылсуу

Полевой номер пробы	Номер Лаборатории Бета	Радиоуглеродный возраст отложений	Калиброванные возрасты (лет назад - BP с вероятностным интервалом 1σ, 68.2%)	Калиброванные возрасты (лет назад - BP с вероятностным интервалом 2σ, 95.4%)	Место отбора пробы
KZS-1	Beta-299729	4330 ± 30 лет	4959 – 4929BP (22.3%) 4889 – 4848 BP* (45.9%)	4968 – 4843BP (95.4%)	Возраст палеопочвы, на которой лежат озерные отложения
KZS-2	Beta-299730	3280 ± 30 лет	3559 – 3523BP (30.3%) 3514 – 3468 BP (37.9%)	3579 – 3446BP (95.4%)	Проба из озерных отложений
KZS-3	Beta-299731	2780 ± 30 лет	2929 – 2845BP (68.2%)	2953 – 2793BP (95.4%)	Проба из озерных отложений
KZS-4	Beta-299732	950 ± 30 лет	921 – 900BP (18.1%) 867 – 824BP (37.6%) 815 – 800BP (12.6%)	926 – 795BP (95.4%)	Возраст современной почвы, перекрывающей озерные отложения

\*Основная дата из доверительного интервала 1 сигмы. Использованная литература (кривая для калибровки и программа) Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Buck CE, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Hafliðason H, Hajdas I, Hata C, Heaton TJ, Hogg AG, Hughen KA, Kaiser KF, Kromer B, Manning SW, Niu M, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Turney CSM, van der Plicht J. 2013. IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50000 years cal BP. Radiocarbon 55(4). DOI: 10.2458/azu\_js\_rc.55.16947  
Bronk Ramsey C, Dee M, Lee S, Nakagawa T and Staff R, 2010. Developments in the calibration and modelling of radiocarbon dates. Radiocarbon 52(3): 953–961.  
Программа для калибровки – OxCal 4.2

## ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Нам не удалось отобрать большого количества проб в вышеописанной озерной толще в долине реки Чон-Кызылсуу из-за почти полного отсутствия там органического материала. Лишь редкие кусочки угля дали возможность определить две радиоуглеродные даты в разрезе. Эти даты и возраст современной почвы, венчающей озерную толщу, позволили определить скорость осадконакопления во время существования местного озерного бассейна: приблизительно 2 мм/год.

Приведенные материалы можно проинтерпретировать следующим образом. Сильное землетрясение и срыв позднеплейстоценовых морен имел место после формирования погребенной почвы, радиоуглеродный возраст которой составляет  $4330 \pm 30$  лет (Beta-2999729), калиброванный возраст - 4889-4848 лет. Скорее всего, это сейсмическое событие произошло около 3990 лет назад: к среднему калиброванному возрасту, полученному нами в нижней части подпруженной озерной толщи (3591 год назад - Beta-299730) нужно добавить еще 400 лет (мощность озерных отложений под местом отбора пробы указанной пробы - 800 мм, разделенная на 2 мм/год). Первый (нижний) горизонт сейсмиков (рис. 5.12.9 в), обнаруженный нами на глубине около 5 м, является следующим сейсмическим событием. Это событие по всей вероятности имело место около 3080 лет назад. Его возраст косвенно определяется средней калиброванной датировкой нашей пробы Beta-299731 - 2887 лет, которая была отобрана между первым (рис. 5.12.9 в) и вторым (рис. 5.12.9 б) горизонтами сейсмиков, плюс 193 года (мощность отложений под пробой - 385 мм, разделенная на 2 мм/год). Третий (верхний) горизонт сейсмогенных конволюций (рис. 5.12.9 д) является отражением третьего сейсмического события, произошедшего приблизительно 2760 лет назад: из калиброванного возраста пробы Beta-299731 - 2887 лет, следует вычесть 125 лет (мощность вышележащих озерных отложений 250 мм, разделенные на 2 мм/год).

Используя рассчитанную скорость осадконакопления, мы также вычислили и возраст четвертого сейсмического события. Выше места отбора пробы с калиброванным возрастом 2887 лет (Beta-299731) накопилось 1400 мм осадков. Разделив эту мощность на 2 мм/год, получаем 700 лет, которые надо вычесть из возраста пробы. Получается около 2190 лет назад.

Последняя калиброванная датировка (Beta-299732 - 846 лет назад) является минимальным возрастом прорыва естественной дамбы, который также мог быть вызван значительным сейсмическим событием.

Таким образом, повторяемость сильных сейсмических событий составляет: одно событие - раз в несколько сот лет. Сейсмическая интенсивность событий была не менее  $I=7$  баллов по шкале МСК-64. Именно такая сейсмическая интенсивность регистрируется на Тянь-Шане при землетрясениях с  $M=5.5$  [Корженков и др., 2006]. А магнитуда  $M=5.5$  - минимальное значение магнитуды, необходимое для возникновения сейсмогенных конволюций в разжиженных отложениях [Kuribayashi and Tatsuoka, 1975].

В совокупности с вышеперечисленными дислокациями, нами были выявлены другие разновозрастные оползни, развитые в скальных, полускальных и рыхлых породах зоны Пред-Терской краевой разлома. Некоторые из них, возможно, сформировались во время Кебинского землетрясения 1911 г. ( $M=8.2$ ;  $I=X-XI$  баллов), имевшего место в северном обрамлении Иссык-Кульской впадины.

Общая протяженность Кызыл-Суйского участка сейсмодислокаций около 5 км [Утиров, 1993].

### 5.13. Каджисаз-Тоссорский участок сейсмодислокаций

Этот участок нами был выделен впервые. Он находится в бассейнах рек Каджи-Саз и Тоссор и характеризуется комплексом сеймотектонических и сейсмогравитационных исторических и палеосейсмодислокаций.

Сейсмодислокации в долине сухого ручья ТЕГЕРЕК-САЙ (левый приток реки Тоссор)

Рассмотрим неотектонические структуры в Южном Прииссыккулье. На юге зона Пред-терской разлома отделяет Иссык-кульскую впадину, выполненную мезозойско-кайнозойскими отложениями, от домезозойского горного обрамления. Нами было детально изучено строение Предтерской разлома (рис. 5.13.1). Основное внимание мы уделили структурам, расположенным в долине реки Тоссор. Их описание приведено ниже.



Рис. 5.13.1. Морфология Предтерской разлома (по Чедия и др. [1988] с изменениями). 1 – разломы (знаком + обозначено взброшенное крыло), 2 – сдвиги, 3 – элементы залегания сместителя, 4 – линии профилей.▲

Для территории долин рек Тоссор нами была составлена детальная карта четвертичных отложений. Она была создана на базе кондиционной геологической карты 1977 г. масштаба 1:50 000 Киргизского Управления геологии [Стрельцов и др., 1977]. Эту карту мы дополнили материалами дешифрирования аэрофотоснимков и полевых исследований 2009-2013 годов, а также нанесли места расположения сейсмодислокаций (рис. 5.13.2), которые будут описаны ниже.

На (рис. 5.13.3) изображено правобережье безымянной сухой долины - сая, режущего своими истоками северный склон горы Колкагар, ниже одноименную мульду, еще ниже — Среднетоссорскую и Нижнетоссорскую горст-антиклинали. Низовья этого сая выходят к селению Тоссор.

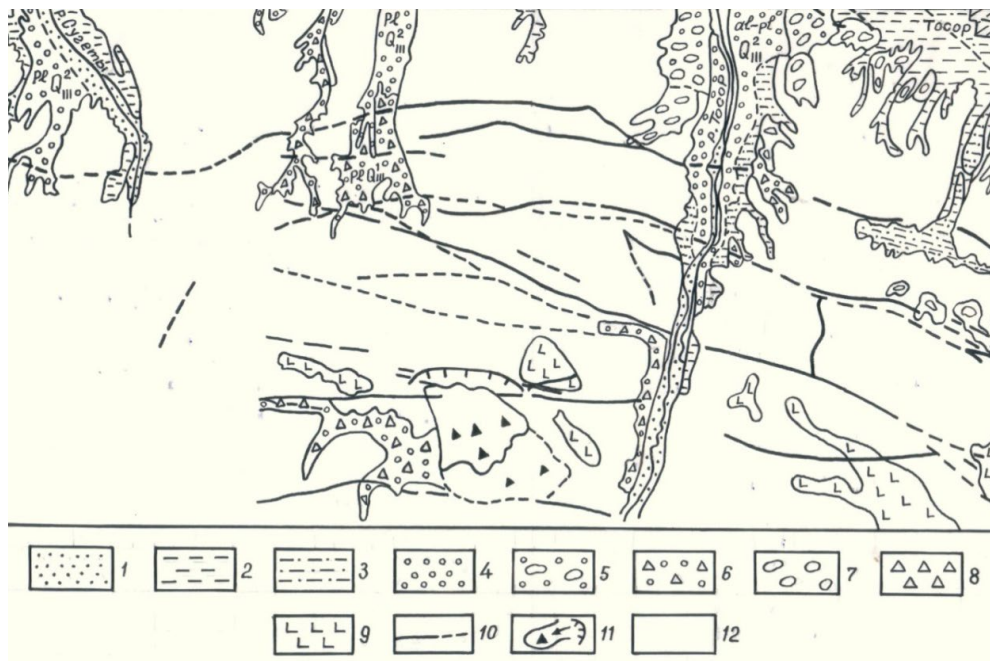
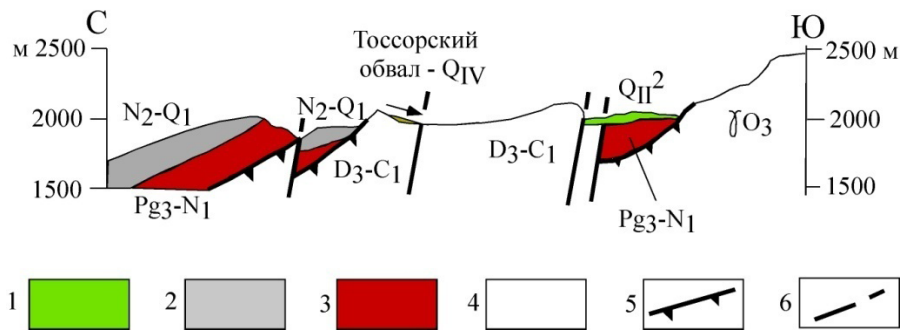


Рис. 5.13.2. Карта четвертичных отложений площади бассейна реки Тоссор. 1-аллювиальные отложения  $Q_{III-IV}$ , 2-пролювиальные отложения  $Q_{IV}^1$ , 3-пролювиальные отложения  $Q_{IV}^2$ , 4-аллювиально-пролювиальные отложения  $Q_{III}^2$ , 5-аллювиально-пролювиальные отложения  $Q_{III}^1$ , 6-пролювиальные отложения  $Q_{III}^1$ , 7-аллювиально-пролювиальные отложения  $Q_{II}^2$ , 8- флювио-гляциальные отложения  $Q_{II}^1$ , 9- элювиальные отложения  $Q_{II}^2$ , 10-разрывы,, 11-сейсмодислокации, 12- дочетвертичные образования.▲

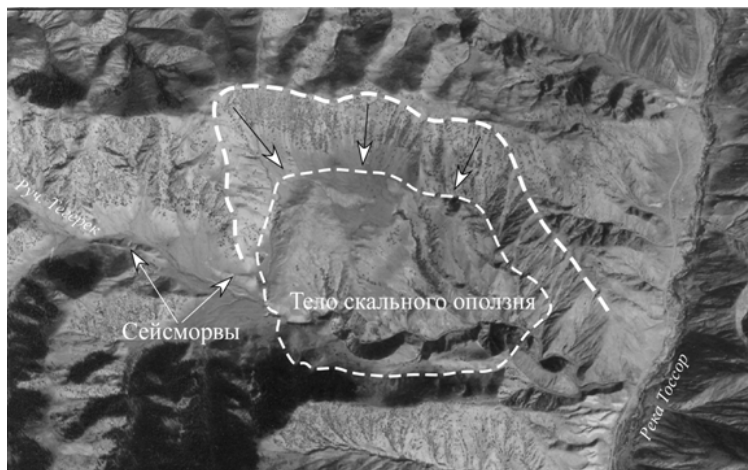


**Рис. 5.13.3.** Продольный структурно-геологический профиль I-I' к рис. 5.13.1 по долине р. Тоссор (по Чедия и др. [1988] с изменениями). Обвальные массы спускаются вниз с южного склона Нижнетоссорской антиклинали. Вертикальный и горизонтальный масштабы равны.▲

Северные склоны этих горст-антиклинальных структур представлены эпигерцинским пепленом, падающим к северу под углом 45—50°, который у Колкагарской и Среднетоссорской структур бронируется красноцветами киргизской серии, а у Нижнетоссорской — палеовой толщей тянь-шаньской серии [Чедия и др., 1988]. Палеозойские ядра сложены кварцевыми порфирами и фельзитами верхнего девона — нижнего карбона. Нижнетоссорская горст-антиклиналь имеет сохранившийся от размыва замок складки, который южнее оборван разрывом. По разрыву палеозойское ядро данной структуры взброшено на Среднетоссорскую, а последняя — на Колкагарскую мульду по двум тесно сближенным субпараллельным разрывам, из которых северный четко выделяется в рельефе, а южный перекрыт ненарушенными галечниками террасы  $Q_{II}^2$ . Азимут падения южного крыла данной мульды - 10°, угол падения - 50° с последующим выполаживанием близ замка мульды. Северное крыло Нижнетоссорской антиклинали осложнено еще одним разрывом, того же типа, который прослеживается вплоть до левого склона долины р. Тоссор.

Амплитуды смещений по вышеописанным разломам составляют сотни метров. Сохранившиеся остатки красноцветных отложений в синклинальных мульдах (рис. 5.13.3) свидетельствуют о том, что еще в олигоцен-миоценовое время эта часть Иссык-Кульской котловины была областью аккумуляции, и лишь в конце неогенового времени была вовлечена в воздымание, в связи с продолжающимся субмеридиональным сокращением земной коры Тянь-Шаня, вызванного коллизией Индии и Евразии. О.К. Чедия и др. [1988] предполагали поддвиговый характер подвижек по разломам к западу от реки Барскаун (рис. 5.13.1).

Рассмотрим сейсмодислокации, развитые в бассейне реки Тоссор. Там на аэрофотоснимках были выявлены и оконтурированы воронки отрыва, плоскости скольжения и тел крупных скальных оползней (рис. 5.13.4). Сейсмосрыв в коренных породах (каледонские интрузии - силурийского комплекса) находится на левом склоне долины ручья Тегерек - левого притока реки Тоссор (см., рис. 5.13.2). Длина стенки отрыва - 1.5 км. Высота стенки от 60 м на востоке до 100 м – на западе, длина массы срыва 2 км, ширина от 500 м до 1250 м. Мощность составила примерно 60 м. Таким образом, объем сорванной массы составляет приблизительно 10 млн. м<sup>3</sup>.



**Рис. 5.13.4.** Тоссорский скальный оползень. Вертикальный аэрофотоснимок.◀

Было установлено, что тело Тоссорского оползня состоит из двух значительных и приблизительно равных по объему частей (рис. 5.13.5): А) недезинтегрированный блок, претерпевший лишь короткую транспортировку и остановившийся близ плоскости отрыва и Б) раздробленная и уже частично перемытая часть, претерпевшая длительную транспортировку и свалившаяся в долину сухого сая Тегерек (левого притока р. Тоссор). К югу от оползневой массы – на правом склоне долины сухого ручья Тегерек выявлен сейсморов – выход древнего сейсмического разрыва на поверхность (рис. 5.13.6). По всей видимости, именно подвижки по этому разрыву привели к схождению Тоссорского скального оползня, как, впрочем, и других меньших по масштабу оползней (рис. 5.13.7) в бассейне Тегерек-Сая. Вышеперечисленные дислокации составляют эпицентральный зону древнего землетрясения, выявленного нами впервые.

Следует отметить значительную глубину (до 7 м), а, главное, ширину сейсморова – до 30 м. Опыт изучения современных землетрясений не знает примеров образования сеймотектонических дислокаций таких размеров во время одного, даже очень сильного события [Стром и Никонов, 1997]. По-видимому, своими значительными размерами ров обязан несколькими событиями, произошедшим по сейсмогенерирующему разлому.

Нами были обнаружены древние захоронения на теле главного оползня (рис. 5.13.8). Они имеют необычную для Тянь-Шаня форму: прямоугольная в плане выкладка камней над могилой. Обычные для Тянь-Шаньского региона сако-усуньские захоронения имеют округлую в плане каменную выкладку. Подобная – прямоугольная форма надмогильных каменных выкладок характерна лишь для одного народа, жившего на Тянь-Шане в V-VIII вв. нашей эры – для тюрков. Таким образом, мы можем определенно сказать, что главный скальный оползень сошел гораздо раньше этого времени и его возраст (и возраст сейсмического события, приведшего к его схождению) – несколько тысяч лет, возможно – средний или даже ранний голоцен.



**Рис. 5.13.5.** Тоссорский скальный оползень. На переднем плане – раздробленная и частично перемытая часть оползня. На среднем плане – недезинтегрированный блок, претерпевший короткую транспортировку. На дальнем плане – плоскость отрыва.▲



**Рис. 5.13.6.** Сейсморов (обратный сейсмоуступ – показан стрелками) на правом склоне долины сухого ручья Тегерек – левого притока р. Тоссор. Подвижки по данному древнему сейсмическому разрыву спровоцировали схождение одноименного оползня к северу от рва.▲

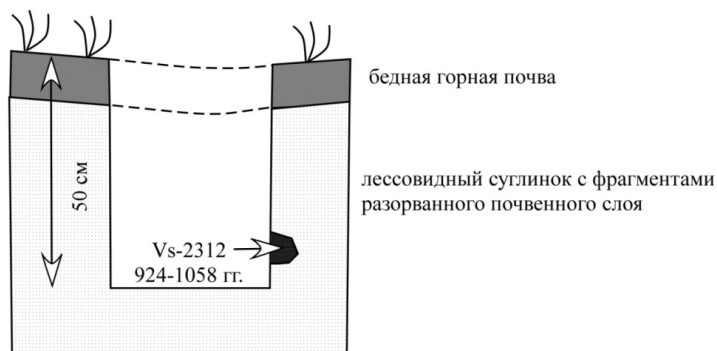


**Рис. 5.13.7.** Небольшой скальный оползень в правобережье Тегерек-Сая – выше по течению основного значительного скального оползня. Вид на юг.▲

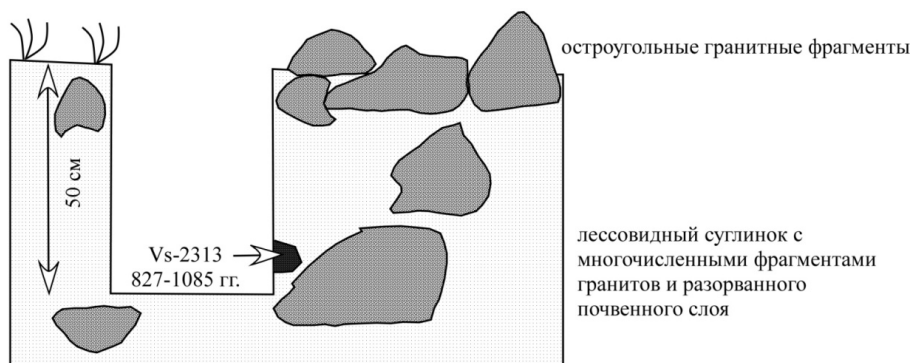


**Рис. 5.13.8.** Прямоугольная тюркская могила, расположенная на теле Тоссорского оползня. Вид на юг. К началу нашей эры в западинах холмистого рельефа в теле завала успело накопиться значительная мощность мелкозема – достаточного для погребения. Вертикально стоявшие камни наклонились на север из-за смещения грунта на юг во время средневекового землетрясения.▲





**Рис. 5.13.9.** Схематическая полевая зарисовка шурфов, пройденных в нижней части сейсморва (вверху) и в западине скального оползня (внизу) с целью отбора проб на определение радиоуглеродного возраста последнего сейсмического события в бассейне сухого ручья Терек-Сай. ◀



### 5.13.1. Таблица радиоуглеродные датировки палеосейсмодислокаций в Южном Прииссыккулье.

Лабораторный номер пробы	Описание пробы	<sup>14</sup> C возраст, годы (BP)	Инструментальная ошибка, годы ( $\pm 1\sigma$ )	Калиброванный возраст (cal. BP)
V <sub>s</sub> -2312	TSR-2, современная суглинистая почва в днище сейсмоуступа	1120	70	1089-955 BP (X-XI вв. н.э.)
V <sub>s</sub> -2313	TSR-1, современная суглинистая почва на теле сейсмообвала	1140	160	1186-928 BP (IX-XI вв. н.э.)

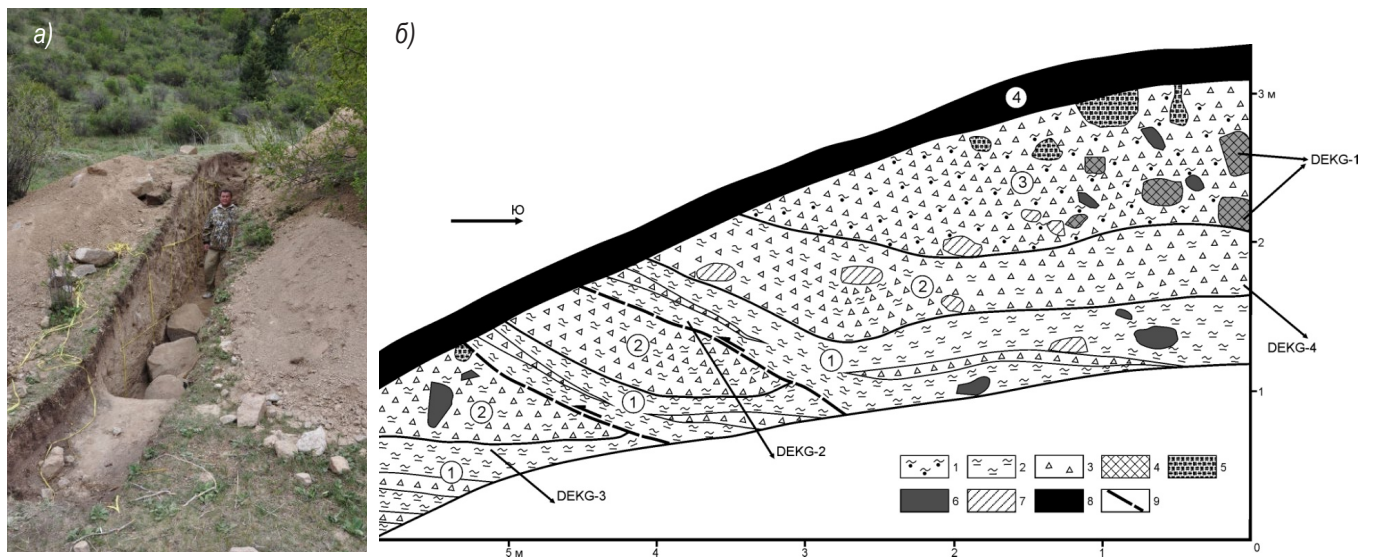
Для того чтобы определить возраст последнего сейсмического события, приведшего к обновлению описанных ранее сейсморва и небольших скальных оползней, нами были отобраны пробы в нижней части современной почвы, развитой в западине на теле главного оползня и во рве (рис. 5.13.9). Их возраст был определен (Таблица 5.13.1) в Радиоуглеродной лаборатории Центра по исследованию природы в г. Вильнюс (Литва). Обе пробы дали одинаковые возрасты (в пределах ошибки метода): современные почвы начали образовываться на описанных палеосейсмодислокациях в IX-X веках н.э. То есть, очередные подвижки по сейсмогенерирующему разлому и перетрясывание скального оползня произошло, скорее всего, во время одного землетрясения. Это минимальный возраст произошедшего события: так во время последнего сильного землетрясения в сейсморве образовался коллювиальный клин, на котором впоследствии начал образовываться современный почвенный покров. Юный же радиоуглеродный возраст пробы почвы, отобранной в теле сейсмообвала, свидетельствует о его перетряске и мобилизации во время средневекового землетрясения и образованию нового почвенного покрова в отдельных частях завала.

ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ (ТРЕНЧИНГОВЫЕ) ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ СУХОГО САЯ ТЕГЕРЕК – ЛЕВОГО ПРИТОКА Р. ТОССОР.

В южном борту впадины Терек-Сай, через западное окончание сейсмогенного обратного уступа (рис. 5.13.10А) пройдена палеосейсмологическая траншея (рис. 5.13.10Б), ориентированная с севера на юг ( $N=42.12166^\circ$ ,  $E=077.34252^\circ$ ,  $Alt=2433$ , точность измерения GPS-координат  $\pm 5$  м). Произведено картографирование восточной стенки траншеи, протяженностью 5.9 м (рис. 5.13.11А). Здесь в стратиграфической последовательности на глубину до 2.2 м вскрываются:



**Рис. 5.13.10.** Западное окончание сейсмогенного уступа в южном борту впадины Тегерек-Сай. А – вид с запада, В – вид на запад с площадки уступа.▲



**Рис. 5.13.11.** Палеосейсмологическая траншея в урочище Тегерек-Сай. А – общий вид, В – разрез восточной стенки. 1 – супеси, 2 – суглинки, 3 – дрова; 4 – фрагменты слабогумусированных суглинков (палеопочвы), 5 – кротовины, 6 – валуны и отломы, 7 – отпечатки от выпавших валунов и отломов, 8 - современная бедная гумусом горная почва, 9 – разломы.▲

*Слой 1.* Светло-коричневые суглинки с маломощными (до 15 см) линзовидными прослоями дровы. Делювий. Мощность более 0.7 м.

*Слой 2.* Палевый дресвяник с суглинистым заполнителем. Делювий. Мощность 0.7 м. Для радиоуглеродного датирования абсолютного возраста из существенно суглинистого основания слоя в южном окончании траншеи отобран образец DEKG-4.

Залегание слоев 1 и 2 нарушено двумя, падающими на юг под углами 25-30° взбросами. Амплитуда смещения по падению у нижнего взброса превышает 1.25 м, у верхнего – 1.6 м. Непосредственно над плоскостью сместителя верхнего разлома в разрезе западной стенки траншеи залегала глыба гранитоидов, имеющая в поперечнике размер 2.2 м. Глыбы залегала наклонно, а ее удлиненная ось имела падение согласное падению плоскости сместителя.

*Слой 3.* Палевый дресвяник с супесчаным заполнителем. Присутствуют многочисленные валуны и отломы, фрагменты коричневых слабогумусированных суглинков. Делювиально-коллювиальные отложения. Мощность более 0.9 м. Для радиоуглеродного датирования абсолютного возраста из обломков слабогумусированных суглинков, которые, очевидно, представляют собой фрагменты палеопочвы, отобран образец DEKG-1.

*Слой 4.* Коричневая современная бедная гумусом горная почва. Срезает подстилающие слои и нарушающие их деформации. Мощность до 0.3 м.

Таким образом, в разрезе восточной стенки вскрыты плоскости первичных сейсмогенных разрывов взбросовой кинематики, принадлежащие, вероятно, одному палеоземлетрясению. Кинематика смещений указывает на то, что южный борт впадины Тегерек-Сай надвигается на ее осадочное выполнение. Слой 3 следует рассматривать как “коллювиальный клин”, накопившийся

в тыловой части сейсмоуступа. К сожалению, отобранные нами пробы содержали недостаточное количество органического материала для определения радиоуглеродного возраста деформированных отложений. Тем не менее, ясно, что палеоземлетрясение должно иметь достаточно молодой возраст, т.к. деформации и коллювиальный клин перекрываются только современной почвой. Очевидно, его возраст будет соответствовать датировкам, полученным из палеопочв, отобранных в шурфах в тылу центральной части сейсмоуступа – IX-XI вв. н.э. (табл. 5.13.1). Археологические исследования и структурная позиция средневековых землетрясений

Следует отметить, что рассматриваемый район знаменит не только причудливыми обнажениями горных пород в виде фантастических форм [Korjenkov et al., 2006; Korjenkov et al., 2009; Корженков и Юдахин, 2011], но и высокими древними курганами, наскальными рисунками и развалинами средневековых поселений. Так, всего в километре от устья реки Каджи-Сай были изучены руины древнего городища. Археологические исследования под руководством Д.Ф. Винника [Винник и др., 1978] установили, что это уцелевшие развалины караван-сарая, построенного у берегов озера в X-XIII вв. Стены упомянутого караван-сарая, а также других построек, возведены из однотипного сырцового кирпича. При его раскопках были найдены многочисленные фрагменты глиняной посуды, зернотерки и жернова из камня, точилами, кости животных и людей. В верхнем течении реки Каджи-Сай (урочище Каджи-Саз) и прилегающей к ней местности находятся курганные могильники VI в. до н.э. – VIII в. н.э. и два поселения (X-XII вв.). Севернее дороги Тоссор – Боконбаево, на камнях фиксируются традиционные изображения животных, в основном козлов. Петроглифы датируются 1 тыс. до н.э.

Во время полевых сезонов 2013-2014 гг. были детально обследованы Каджи-Сазские и Тоссорское городища и отобраны образцы для радиоуглеродного анализа.

#### АРХЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ КАДЖИ-САЗСКИХ ГОРОДИЩ

Каджи-Сазские городища расположены в небольшой межгорной впадине между хребтами Тегерек и Кызыл-Кунгей на севере и хребтом Терсей Ала-Тоо на юге (рис. 6.13.12). Сами археологические памятники расположены в северной части: в урочище Каджи-Саз, напротив стыка гор Тегерек и Кызыл-Кунгей. Здесь находится узкое антецедентное ущелье р. Каджи-Сай, пропиливающей себе путь к озеру через активно растущее антиклинальное поднятие. Само название урочища – саз – говорит о его заболоченности, вследствие тектонического подпора.

Городищ два. Они расположены, как выяснилось впоследствии, в 200-300 м друг напротив друга на восточном и западном берегах реки Каджи-Саз (рис. 5.14.13), берущей своё начало несколько выше в болотах.

Каджи-Сазские городища были впервые упомянуты А.М. Фетисовым в 1878 г. [Фетисов, 1878]. В 1978 г. исследованы археологом Д.Ф. Винником [Биосферная..., 2002; Винник и др., 1978], определившим по подъёмной керамике время их функционирования – X-XII вв. Эти городища он характеризует следующим образом:

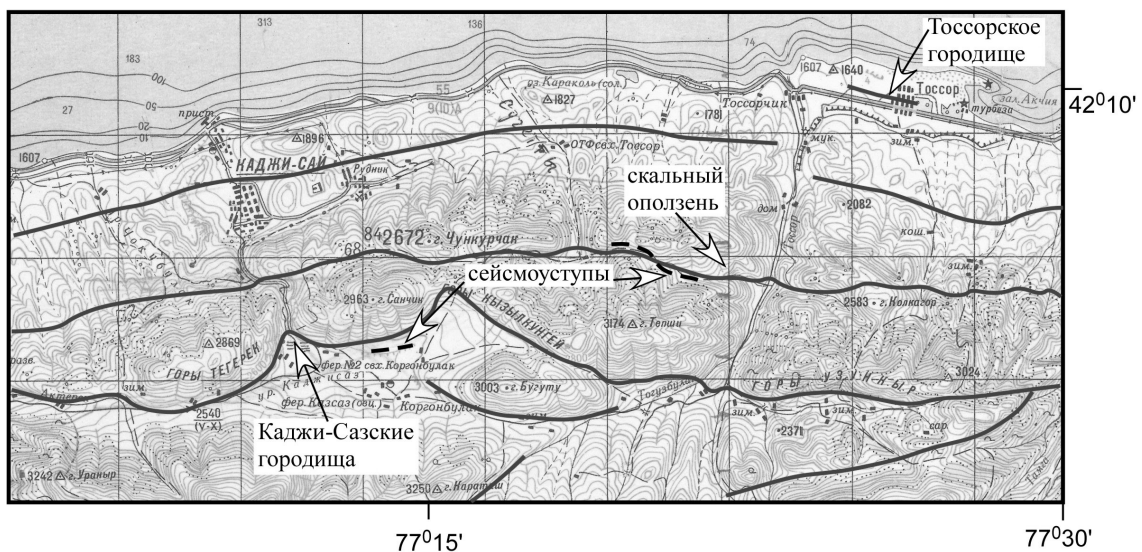
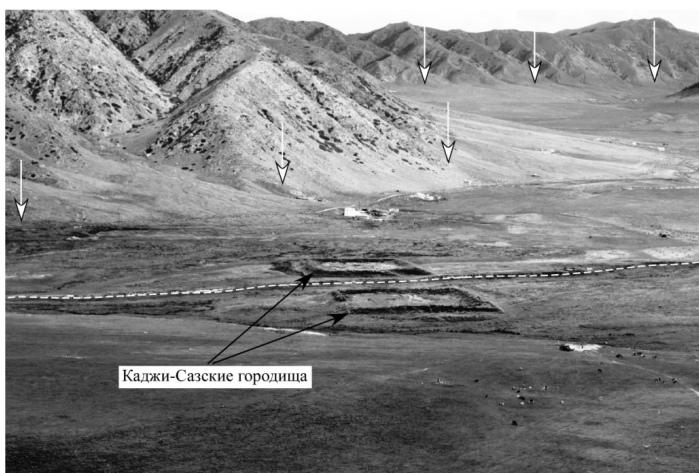


Рис. 5.13.12. Исследованные деформации в бассейнах рек Каджи-Саз и Тоссор. В качестве основы использована топокарта масштаба 1:200 000. Сетка проведена через 4 км. Жирные субширотные линии на карте – главные разломы.▲



**Рис. 5.13.13.** Средневековые крепости (городища, караван-сарай): Каджи-Саз Западная и Восточная, охранявшие горный проход через одноименное ущелье. Расположены в настоящее время на болоте, сформировавшемся здесь из-за тектонического подпора хребтом Тегерек-Санчик (на заднем плане). Вид на СВ. Белыми стрелками показан Каджи-Сазский разлом, по которому и произошло тектоническое взбрасывание хребта. Пунктирная линия – река Каджи-Сай.▲

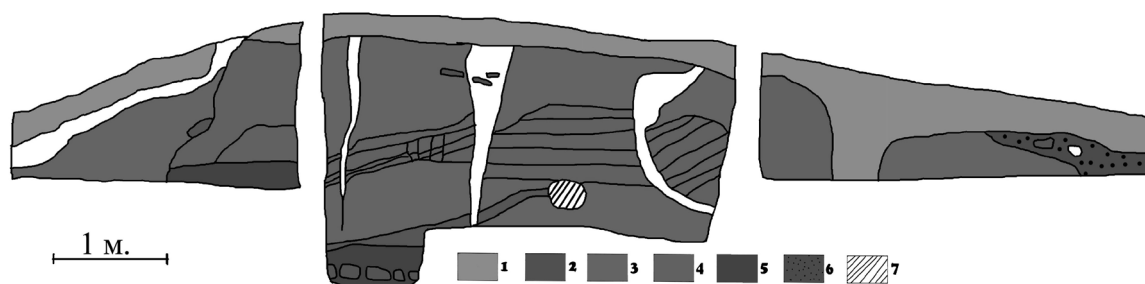
*Городище Каджи-Саз I.* Четырехугольное, 70×70 м при высоте валов 1-3 м. Въезд в центре западной стены. В отдельных местах вокруг городища прослеживаются остатки рвов. Культурный слой незначительный.

*Городище Каджи-Саз II.* Четырехугольное, 60×60 м, высота валов 1.5 – 3 м. Въезд в городище находится в середине восточной стены. Культурный слой незначительной толщины.

При нашем осмотре общая характеристика в целом подтвердилась. Однако оба городища имеют более сложный периметр крепостных стен; не столь однозначно решается и вопрос с расположениями въездов. На момент наших работ оба городища были полностью, включая стены, покрыты густой травянистой болотной растительностью, преимущественно чием, что создало определённые сложности при осмотре и фиксации особенностей рельефа.

*Городище Каджи-Саз Восточное* (у Д.Ф. Винника – I) сохранилось лучше. Оно имеет визуально более мощные и высокие стены. В них предположительно имеется разрыв в юго-западном углу. Его происхождение без дополнительных крупномасштабных раскопочных работ определить невозможно. Как одно из предположений – сдвиг или сброс части стены вследствие землетрясения.

*Городище Каджи-Саз Западное* (у Д.Ф. Винника – II) расположено само по себе несколько ниже по современному рельефу местности. Стены выглядят более низкими и более тонкими. В его центре в советское время была пробурена водозаборная скважина и установлены трубы, для выхода которых была прорезана северная стена у своего западного угла. В настоящее время края разреза оплыли и частично задернованы, а дно заболочено ввиду водотока из-за негерметичного устройства скважины. Отдельные прокопы были нами отмечены в середине северной стены, у южного угла на западной стене и почти в середине восточной. На месте последнего,



**Рис. 5.13.14.** Южная стенка траншеи, пройденной через восточную стену Каджи-Сазского городища. Объяснения в тексте. 1 - Дерновый слой. 2 - Фрагменты кирпичей. 3 - Рыхлые глинистые слои. 4 - Паховые ленты. 5 - Заполнение. 6 - Завал. 7 – Норы.▲

как наиболее полно пересекающего стену и наименее задернованного, нами был выполнен разрез крепостной стены (рис. 5.13.14).

Было выяснено, что стена сооружена методом “ленточной пахсы”, т.е. формирование её тела шло путём поочерёдной укладки горизонтальных слоёв грунта мощностью от 1 до 7-10 см.

В плане целей работ – выявление следов сейсмической активности в археологических памятниках – наиболее важным оказался центральный участок. Здесь на южном борту разреза была выявлена серия трещин, проходящих в одних случаях на всю мощь наслоений, а в других лишь в верхней части, доходя до определённого уровня. Нами они были интерпретированы как следы двух сейсмических событий.

#### АРХЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НА ПАМЯТНИКЕ ТОССОР

Городище Тоссор (рис. 5.13.15) расположено на западной окраине одноименного села. Оно находится в 700-900 м от современной береговой линии озера, на берегу одного из второстепенных протоков дельты р. Тоссор (как показано на карте, составленной в 1956 г., обновленной в 1961 и 1970 гг. и изданной в 1982 г.), в 3000 м от основного русла реки.

Впервые городище было упомянуто в литературе ещё в 1885-1886 гг. в двух публикациях ботаника Н.В. Сорокина [1885], выпущенных по результатам его поездки 1884 г. на Тянь-Шань. В.В. Бартольд [1966] в своём “Отчёте о поездке 1893-1894 гг.”, изданном впервые в 1897 г., со ссылкой на г-на Дудина приводит нечёткую по локализации информацию о “небольшом укреплении” у “Тузара”, где-то между Ак-Тереком и Тоном (ближе к последнему). В 1900 г. информация о городище была обнародована В.К. Герном в специализированном издании Московского археологического общества – “Древности” по итогам его поездки по Иссык-Кулю в 1877 г.; вместе с текстом был опубликован первый план городища [Герн, 1900]. Информация о городище в Тоссоре была включена в лучшую досоветскую сводку о древностях “Киргизских степей...”, составленную И.А. Кастанье [1910]. Иными словами, уже в досоветское время базовая информация о городище Тоссор была собрана и опубликована рядом исследователей.

В советское время П.П. Ивановым, по результатам его исследований второй половины 20-х гг. XX в., городище было нанесено на первую карту археологических памятников Прииссыккуля. К сожалению, карта, как и отчёт П.П. Иванова [1957], были опубликованы с 30-летней задержкой и без описаний памятников южного берега озера.

В предвоенные годы городище посетил А.Н. Бернштам, опубликовав несколько позднее план городища [Чуйская..., 1950].



**Рис. 5.13.15.** Средневековое городище Тоссор. Вид изнутри на ЮЗ. На стенах крепости современные захоронения. На заднем плане видны адыры – предгорья хребта Терской Ала-Тоо. Линия горизонта – наиболее высокая часть хребта Тегерек.▲

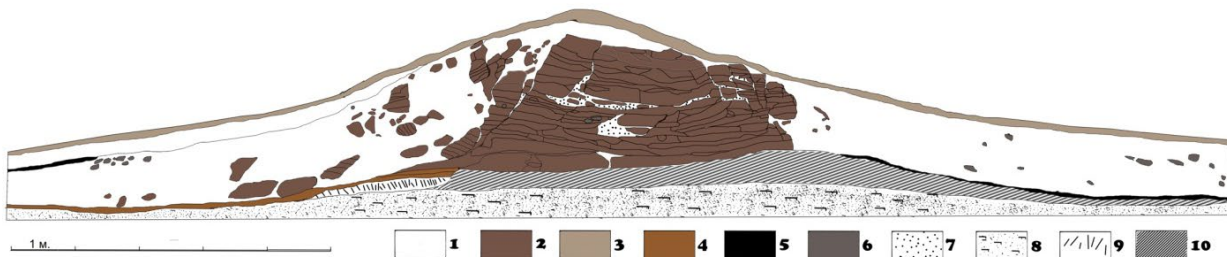
С 1959 г. изучением памятников Прииссыккуля начал заниматься Д.Ф. Винник. В начале 1960-х гг. он описал городище Тоссор, составил его новый план и выполнил первые зафиксированные археологические раскопки – разведочный шурф [Винник, 1967, 1985]. По его данным городище квадратное, размерами 100 x 100 м. Оно ориентировано в соответствии строго по странам света. Имеет достаточно мощные – 14-18 м по основанию (с оплывами) – стены, неплохо сохранившиеся – до 2.5-3.5 м в высоту. По углам и середине каждой из стен городище фланкировано башнями. Единственный вход отмечен был с восточной стороны в центре стены. По описаниям Д.Ф. Винника он имел Г-образную форму и был усилен дополнительной башней. По данным выполненного шурфа в юго-восточной части городища мощность культурного слоя составляет 0.3-0.5 м. На основании собранной на городище керамики оно датировано Д.Ф. Винником X-XII вв.

Городище занимало господствующее положение в Тоссорской долине. Его мощные крепостные сооружения свидетельствуют о том, что оно являлось значимым пунктом на отрезке караванного пути между средневековыми городами Тон и Барсхан.

Выбор городища Тоссор как объекта наших исследований обусловлено тем, что оно находится на крутом и оборванном по разлому крыле молодой растущей антиклинали, проходящем вдоль южной стены городища. С севера и востока от городища расположены дома с. Тоссор, а с запада за просёлочной дорогой – поле. Все стены городища с внешней стороны и сверху заняты могилами кладбища, активно функционировавшего до начала XXI в. (современное действующее кладбище расположено южнее городища). Внутренняя поверхность завалованных крепостных стен могилами не занята. Внутреннее пространство городища весьма ровное, без чётко выраженных всхолмлений былых строений, также свободно от могил. Северный участок восточной стены прорезан старым раскопом. Информация об этом разрезе не публиковалась, но он нанесён на план А.Н. Бернштама [Чуйская..., 1950]. Среди архивных материалов информация о разрезе пока тоже не выявлена.

Мы решили поставить свой раскоп на месте ранее существовавшего оплывшего проема в стене (Рис. 5.13.16), дабы минимизировать нарушенность целостности памятника. Общая длина разреза (траншеи) – 24 м, максимальная глубина – 3.6 м, включая материковые слои, прокопанные на 0.3 м. Стена поставлена на подрезанном материковом глиняном слое, мощностью 0.5-1.0 м, перекрывающем слой песка с гравием, пройденном на 0.15-0.20 м. Простирание траншеи – 80°.

Было выяснено, что стена сооружена методом “ленточной пахсы”, т.е. формирование её тела шло путём поочерёдной укладки относительно горизонтальных слоёв грунта мощностью от 10 до 20 см. Нижняя из них – самая мощная, до 40 см. Всего сохранилось 18 лент. Грунт при этом брался с внешней стороны стены, исчерпав всю мощность глинистого слоя. Однако, в отличие от стены Каджи-Саза, в Тоссоре полосы не пересекают относительно ровным слоем всю стену, а располагаются некими линзами на 1/3-1/2 толщины стены, с сужающимся одним краем (второй, как правило, выходит на торец стены). При этом ленты располагаются несколько наклонно – сверху с торца книзу в теле стены. Можно предполагать, что при сооружении стены формовочная масса готовилась (или подносилась) относительно небольшими порциями, которые укладывались насколько хватало материала от одного или другого фаса стены так, чтобы вода из формовочной массы сбегала не по вертикальной поверхности стены,



**Рис. 5.13.16.** Разрез южной стенки траншеи, пройденной через восточную стену городища Тоссор. 1 - Рыхлые глинистые слои. 2 - Пахсовые ленты с песчано-гравийными прослойками. 3 - Дерновый слой. 4 - Глинистые слои размыва стены. 5 - Горелый слой (угольки и зола). 6 - Камни. 7 - Песчано-гравийные пазухи. 8 - Материковый слой песка. 9 - Первичный оплыв стены. 10 - Глинистый материковый слой.▲

а уходила вовнутрь. Так можно объяснить, почему один край заострѐн, а полосы располагаются несколько наклонно. Для лент использовался местный глинистый несколько запесоченный лёссовый грунт из прикровельной части раннеголоценовой Тюпской террасы оз. Иссык-Куль, на которой расположено городище. На это указывают присутствующие в лентах раковины гастропод, аналогичные таковым из отложений прикровельной части террасы. Ленты разделены песчано-гравийными прослойками мощностью от 1 до 7-10 см. В теле стены достаточно много галек и валунов. Стена сохранилась на высоту до 2.7 м, при ширине по основанию 4.8 м.

Угол наклона внешнего фаса – 15-20° к вертикали. Угол наклона внутреннего фаса не восстанавливается, так как на данном участке он смыт в верхней части. В нижней части внутреннего фаса чётко видна так называемая “рюмочная” деструкция, свидетельствующая о долгом времени стояния стены в открытом состоянии.

Всё тело стены сверху донизу пересекает сеть трещин идущих почти вертикально и параллельно друг другу, что свидетельствует о сейсмическом характере их возникновения. Одна из наиболее мощных таких трещин прошла в 40-50 см от внешнего фаса и привела к тому, что верхняя часть стены упала наружу (см. далее). При этом разделение прошло по границе лент.

В западной части раскоп отходит от крепостной стены на 8 м. Внизу от нижнего основания “рюмочной” деструкции стены намечаются отходящие наклонно глинистые слои оплыва. Самый верхний крошущий слой мощностью до 40 см на этом западном участке раскопа состоит из рыхлого конгломерата: сильно запесоченного грунта, небольшого количества камней и единичных небольших кусков пахсы. Под ним по глинистому материка идет горелый слой, мощностью до 3 см. Глинистый слой материка, мощностью 20-30 см, перекрывает песчаный слой, вскрытый на 10-12 см.

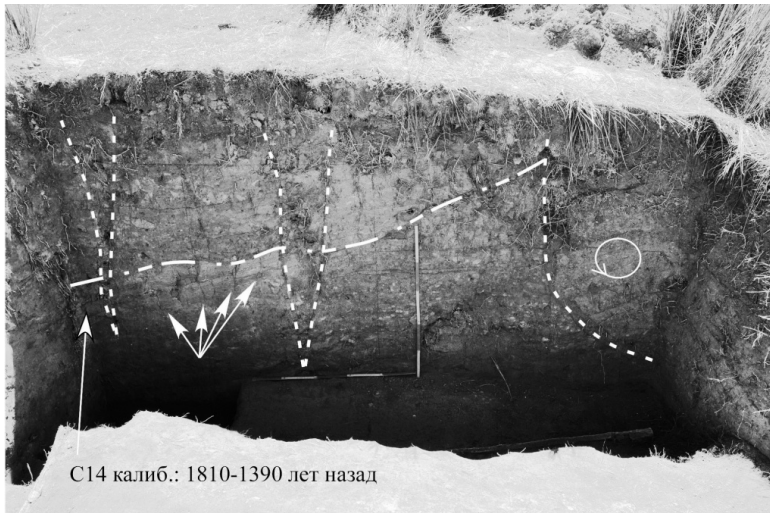
На восток, с внешней стороны от крепостной стены раскоп уходит на 10 м. Интересна выявленная структура накопленных в восточной части раскопа напластований. Непосредственно от крепостной стены в самом низу наблюдаются глинистые наклонные (10-15° к горизонту) слои. Вероятно, они образовались в результате постепенного размыва стены под воздействием атмосферных осадков, что могло происходить как в период функционирования городища, так и вскоре после прекращения жизни на нём. Непосредственно на наклонных глинистых слоях вплотную к стене лежит упавший фрагмент стены из нескольких полос, общими размерами 35×70 см. Другой крупный кусок стены лежит на этих же слоях в 1.5 м от крепости. Самый дальний из зафиксированных фрагментов стены находится на расстоянии от стены до 4.5 м от восточного ее фаса. Здесь встречены фрагменты размерами: 32×62 см, 18×27 см, 20×37 см. Пространство между гребнями этих кусков и стенкой заполнено рыхлым грунтом – продуктом ее оплывания. Важно отметить, что подобного отлета обломков стены к западу от нее нами не было зафиксировано.

Материк по всей длине раскопа представлен плотным палевым лессовидным суглинком мощностью до 50 см. Под ним находятся озерные пески, которые видны в карьере к югу от городища. Пески – грубозернистые с гравием и включением мелкой гальки.

#### АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДНЕВЕКОВЫХ ГОРОДИЩ В КАДЖИ-САЗСКОЙ ВПАДИНЕ

Мы уже упоминали о заболоченности низменных частей Каджи-Сазской впадины. Современное болото образовалось на месте небольшого озера, которое (по словам местных жителей) существовало еще в конце XIX века. В месте, где одноименная река входит в массив хребта Тегерек и пропиливает его, образуя антецедентный участок своей долины, и стоят два городища, охранявшие и обслуживавшие в средневековое время горный проход на одной из ветвей Великого шелкового пути (рис. 5.13.13). Относительный возраст городищ был определен археологом Д.Ф. Винником [*Винник и др., 1978*] по подъемной керамике как караханидский (X-XII века нашей эры). Трудно предположить, что указанные крепости были построены посреди озера или на болоте, так как есть более высокие и сухие участки впадины. Наиболее вероятно, что крепости были возведены на суше, но интенсивные поднятия хребта Тегерек привели к подпруживанию реки Каджи-Саз и образованию озера, а затем болота в одноименной долине. Сейсмоуступ вдоль зоны Южно-Тегерекского разлома свидетельствует об импульсных подвижках по дизъюнктиву [*Корженков и др., 2014*].

Как было описано выше, нами была зачищена старая выемка грунта, проходящая через восточную стену западного городища (рис. 5.13.14, 5.13.17). В южной стенке этой траншеи видно, что стена состоит из двух частей: первичной, остатки которой сохранились внизу, и более поздней верхней. Очевидно, что стена была отремонтирована. По-видимому, при первом



**Рис. 5.13.17.** Центральная часть южной стенки траншеи, пройденной через восточную стену средневекового городища Каджи-Сазское Западное. Малыми стрелками показаны трещины, образовавшиеся во время первого землетрясения в ранней части стены. Белая штрих-пунктирная линия указывает границу между ранней и более поздней частями стены. Белый штрих маркирует клинья, сформировавшиеся во время второго землетрясения, а также плоскость поворота блока стены. Клинья секут клинзовь старую и новую части стены. ◀

значительном землетрясении верхняя часть первоначальной стены была сильно повреждена, растрескана, в связи с чем, она была удалена и новые слои глины легли на нижнюю - лучше сохранившую часть. Следы этого растрескивания видны в верхней части старого фрагмента стены. Однако, и старая, и новая части стен были пробиты насквозь клиньями 2-го сильного землетрясения. Кроме того, имело место отсаживание с вращением значительного западного фрагмента стены вокруг горизонтальной оси против часовой стрелки.

В пройденной нами траншее мы отобрали значительное количество проб на определение их абсолютного возраста радиоуглеродным методом. Однако содержание в них органического материала оказалось очень низким – недостаточным для получения достоверного результата. Лишь одна проба ( $V_S-2551$ ) дала калиброванный возраст 204 – 624 лет AD (III-VII вв. н.э.). Она была отобрана в верхней части “ранней” стены. Временной интервал пробы охватывает значительный исторический период: от усуней до тюрок. В то же время, археологические находки свидетельствуют о функционировании городища лишь при караханидах в X-XII вв. н.э. Как же можно проинтерпретировать это несоответствие?

Когда-то глубокий ров, окружавший и защищавший Каджи-Сазские городища, был так же источником материала для строительства их стен. В связи с этим обстоятельством, возможно, что и возраст пробы  $V_S-2551$  отражает не время строительства стены, а время отложения мелкозема – лессовидного суглинка, накапливающегося в нижней части одноименной впадины и использованного для строительства городищ. Таким образом, возраст этой пробы имеет скорее палеогеографическое значение, но не археологическое.

#### АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДНЕВЕКОВОГО ГОРОДИЩА НА ОКРАИНЕ СЕЛА ТОССОР

В 20 км на ВСВ от описанных Каджи-Сазских городищ на западной окраине села Тоссор находится еще одно средневековое Караханидское городище (рис. 5.13.15). Его караханидский возраст был также определен Д.Ф. Винником. Тоссорское городище было построено над ядром современной растущей в настоящее время антиклинальной структуры (рис. 5.13.18). Ее южное крутое и короткое надразломное крыло видно в песчаном карьере в непосредственной близости к югу от городища по аномальному (до 20°) наклону к югу позднечетвертичных озерных отложений. Рост молодой структуры виден также и в рельефе: обширная наклонная аллювиально-пролювиальная равнина, полого погружающаяся на север – к Исык-Кулю, перед южной стеной крепости меняет свой наклон на противоположный, обратный силам гравитации. Не случайно, что Тоссорское городище было построено именно здесь на некотором возвышении над окружающим рельефом.

Стратегически удобная позиция Тоссорского городища, однако, сыграла свою негативную роль во время сильных средневековых землетрясений. В южной стенке траншеи, пройденной в восточной стене городища, нами были выявлены значительные деформации (рис. 5.13.16, 5.13.19), относящиеся к двум сейсмическим событиям. Во время первого землетрясения стена была сильно повреждена, ее обломки отлетели на восток на расстояние до 4.5 м, превышающее изначальную высоту стены. Это факт свидетельствует о сильных сейсмических колебаниях, так как при обычном статическом разрушении “со временем”, подавляющая часть обломков, должна была упасть на расстоянии, не превышающем 1/3 высоты стены [Korjenkov



Пологое крыло  
Тегерекской  
антиклинали  
падает к северу

Плавное поднятие  
аллювиально-  
провиальной  
равнины. Южное  
крутое крыло  
юной Тоссорской  
антиклинали



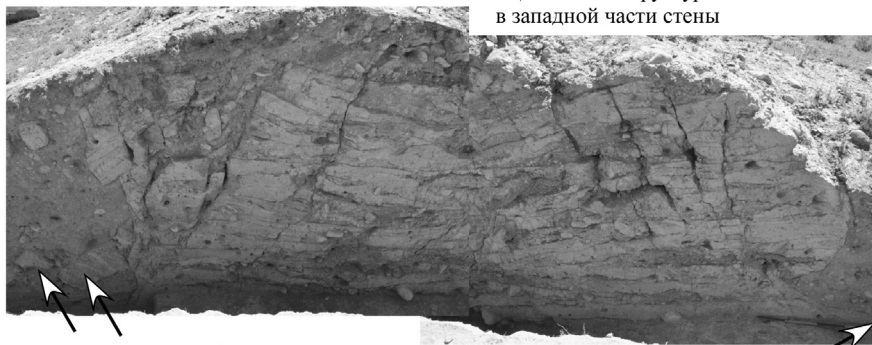
ЮЗ башня  
Тоссорского городища

Южное короткое и крутое  
крыло Тоссорской антиклинали,  
выраженное наклоном  
Q<sub>III</sub> озерных отложений

**Рис. 5.13.18.** Песчаный карьер к югу от Тоссорского городища. Значительный (до 20°) наклон слоев крупнозернистого песка маркируют южное – короткое и крутое надразломное крыло Тоссорской антиклинальной структуры. ◀

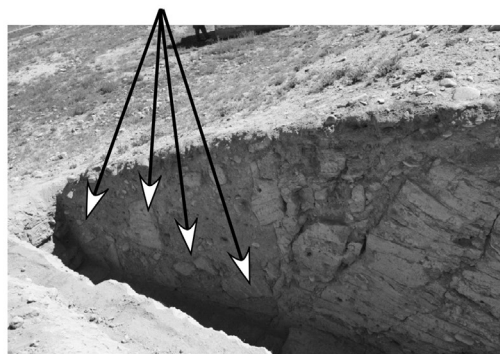
Клин, секущий  
восточную часть  
стены. 2-е событие

“Цветочная” структура  
в западной части стены



Фрагменты стены, отброшенные  
на значительное расстояние.  
1-е событие

C14 калиб.:  
1020-1190 лет назад



**Рис. 5.13.19.** Разрез южной стенки траншеи, пройденной в восточной стене Тоссорской средневековой крепости. Видны деформации, относящиеся к двум сейсмическим событиям. Во время первого сейсмического события имело место повреждение стены с отбросом обломков на восток на значительное расстояние (внизу). Во время второго сильного землетрясения стена была разбита трещинами, образовавшими “цветочную” структуру в западной части стены, и клином в восточной части стены (вверху). ◀

and Mazar, 1999]. Во время второго сейсмического события стена сильно растрескалась, что привело к образованию так называемой “цветочной структуры” в ее западной части; в восточной же части стены образовался значительный клин, внутрь которого провалились обломки верхней части стены. Любопытно, что ни сильнейшее растрескивание стены, ни пробивание ее значительным клином не привели к полному разрушению - разваливанию стены на запад и восток. По всей видимости, поврежденная при первом землетрясении стена была окружена мелкоземом – оплывшим материалом, постепенно накопившемся за сотни лет после первого сейсмического события.

Важно отметить, что в западной части разреза, внутри городища, опływ западной части исследованной стены, подстилается обширным слоем угольков, мощностью до 3 см, который лежит почти на “материке”. Их калиброванный радиоуглеродный возраст - 1020 – 1190 гг. н.э. ( $V_S-2535$ ), что согласуется с возрастом археологических артефактов. Следует отметить, что наибольший ущерб и максимальное количество жертв при современных сильных землетрясениях приносит не обрушение зданий при интенсивных сейсмических колебаниях, а пожары. Подобные факты должны были наблюдаться и при аналогичных древних сейсмических событиях: сильные сотрясения приводили к повсеместному повреждению и разрушению печей и светильников – началу пожаров.

#### ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Наша интерпретация о связи следов пожара и сильного землетрясения, имевших место, по-видимому, в XI в. н.э. подтверждается палеосейсмологическими исследованиями в долине сухого сая Тегерек - левого притока р. Тоссор. Здесь нами ранее был выявлен сейсмогенерирующий разрыв, по которому неоднократно проходили землетрясения, по крайней мере, в течение голоцена [Корженков и др., 2014 а, г]. Наиболее подходящей моделью, объясняющей формирование адыров (предгорий) на юге Иссык-Кульской котловины, по материалам R.J. Burgette [2008] является модель выполаживающегося к северу пологопадающего разлома. При этом эта модель в западной части изученного нами района осложняется наличием обратных взбросов. Таким образом, несмотря на кажущееся различие новейших структур в разных частях Южного Прииссыкулья, все особенности структур и механизм их формирования может быть объяснен единой моделью. При этом необходимо признать наличие единой зоны Предтерекской разлома, который не является краевым в классическом понимании этого термина, однако является долгоживущим, разделяющим структуры, на протяжении новейшего этапа отличающихся режимом движений. Таким образом, источниками сильных землетрясений являются местные адырные (предгорные) разломы II-порядка – составляющие главного – Предтерекской магистрального краевого разлома. С помощью радиоуглеродного метода нам удалось определить возраст последней подвижки по этому разрыву, а также время последней мобилизации значительного скального оползня, расположенного в непосредственной близости от сейсмогенного разлома (табл. 5.13.2). Возраст пожара в Тоссорском городище и возраст последнего сильного землетрясения, эпицентр которого находился в 15 км к ЮЗ от названного поселения, совпадают в пределах ошибки радиоуглеродного метода: около XI в. н.э.

**Таблица 5.13.2:**

Радиоуглеродные датировки палеосейсмо- и исторических дислокаций в Южном Прииссыкулье

Лабораторный номер пробы	Описание пробы	$^{14}\text{C}$ возраст, лет назад	Инструментальная ошибка, годы ( $\pm 1\sigma$ )	Калиброванный возраст, гг. н.э.	Источник информации
Vs-2312	TSR-2, фрагменты современной суглинистой почвы в днище сеймоуступа (в коллювиальном клине)	1120 BP	70	924-1058 AD (X-XI вв. н.э.)	[Корженков и др., 2014 а]
Vs-2313	TSR-1, низ современной суглинистой почвы на теле скального оползня	1140 BP	160	827-1085 AD (IX-XI вв. н.э.)	[Корженков и др., 2014 а]
Vs-2535	TOF-1; угольки и зола. Средневековое городище на окраине с. Тоссор, траншея через восточную ее стену, западное окончание траншеи, глубина 50 см)	925 AD	80	1020 – 1190 AD (XI-XII вв. н.э.)	Данная работа
Vs-2551	IKSW-3, суглинок с малым содержанием органики, глубина - 80-100 см (Каджи-Сазское городище)	1675 BP	180	204 – 624 AD (III-VII вв. н.э.)	Данная работа

Дополнительным подтверждением этого вывода являются наблюдаемые нами деформации прямоугольной тюркской поминальной оградки (V-VIII вв. н.э.), а также каменного загона для скота – таш-коро того же возраста по данным археологии. Оба деформированных исторических памятника находятся в непосредственной близости к сейсмоуступу, по которому имело место надвигание адырного поднятия Тегерек к югу на смежную Каджи-Сазскую внутригорную впадину. Названный уступ высотой в 4.5 м был сформирован 3 землетрясениями, магнитуда которых была не менее  $M \geq 7$ , а сейсмическая интенсивность колебаний  $I_0 \geq IX$  баллов [Корженков и др., 2014 в, д]. Тюркская оградка находится к западу от сейсмоуступа, на протрассированном продолжении выхода сейсмического разрыва на поверхность (рис. 5.13.20).

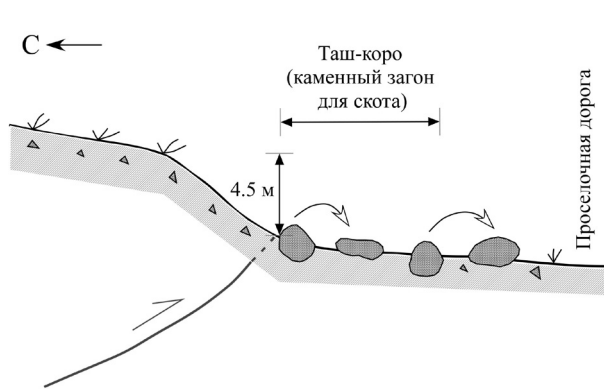
Здесь уступ, рвущий позднеплейстоценовые-голоценовые конусы выноса хребта Тегерек, перекрывается/размывается молодым – позднеголоценовым(?) пролювиальным потоком. Большинство камней, образующих оградку, наклонились вниз по склону, а значительная глыба из ее южной оградки была выбита и тоже отлетела вниз. Важно отметить, что отлетевшая глыба глубоко “сидит” в грунте, т.е., это событие произошло достаточно давно. Все деформированные глыбы покрыты плотным слоем лишайника.

У западного подножия сейсмоуступа к нему “прислонилось” открытое нами таш-коро (рис. 5.13.21). По аналогии с подобными памятниками его возраст по археологическим данным укладывается в возрастной спектр: X(IX)-XII вв. н.э. Таш-коро также деформирован в значительной степени: много больших глыб, его составляющих отброшено к югу на расстояние в 50-70 см. Отброшенные глыбы не лежат на поверхности, они находятся в небольших углублениях-мульдах, окруженные мелкоземом, накопившимся вокруг них за тысячу лет. На перемещенных глыбах и обломках *in situ* имеется значительный лишайниковый слой.

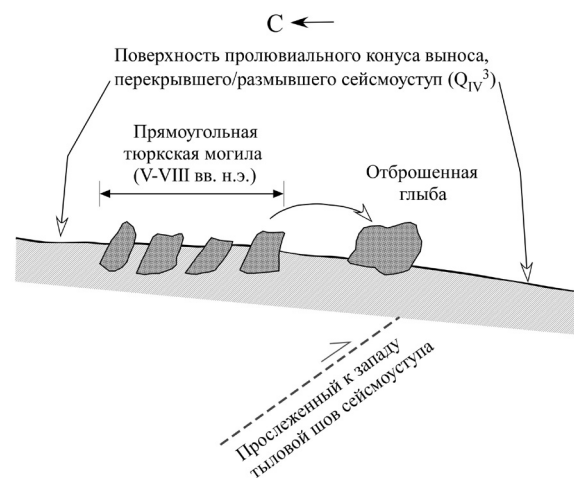
Археологические данные по времени деформаций тюркской оградки и таш-коро не противоречат радиоуглеродному возрасту древнего землетрясения – XI в. н.э., установленному нами по сейсмодислокациям в долине сухого сая Тегерек [Корженков и др., 2014 а, г], а также по деформациям Каджи-Сазских и Тоссорского городищ [Корженков и др. б, д].

Если возраст 1-го средневекового землетрясения можно считать установленным, то вопросы к возрасту второго сейсмического события, следы которого также прекрасно проявлены (клинья в обоих городищах, цветковая структура в Тоссоре) остаются. Мы уже писали о том, что стены Каджи-Сазских городищ после первого землетрясения были отремонтированы, но сколько там продолжалась жизнь после сейсмической катастрофы? Д.Ф. Винник и др. [Винник и др., 1978] указывают, что культурный слой на городищах незначительный (первые десятки см.). Если городища были построены в X в. нашей эры, а уже в первой половине – в середине XI в. по нашим данным подверглись сейсмическим ударам, становится понятной малая мощность культурного слоя.

Наличие двух городищ в одном месте – в нескольких десятках метров друг от друга говорит о его значимости: в политическом, оборонном и административном смыслах. Именно поэтому,



**Рис. 5.13.20.** Схематический рисунок деформаций каменной оградки тюркской могилы на поверхности конуса выноса, перекрывшего/размывшего сейсмоуступ у подножия гор Тегерек. Вид на восток. Объяснения в тексте.▲



**Рис. 5.13.21.** Деформация древнего загона для скота – таш-коро перед фронтом сейсмоуступа, рвущего конусы выноса гор Тегерек. Высота сейсмоуступа 4.5 м. Схематический разрез. Вид на восток. Многие глыбы таш-коро были вырваны и отброшены к югу.▲

было принято решение о восстановлении городищ сразу же после сильного землетрясения. Работы были начаты и, вероятно, вскорости закончены, но городища все равно пришлось оставить: их начало топить. Во время землетрясения XI в. весь адырный хребет Тегерек приподнялся и надвинулся на Каджи-Сазскую впадину на величину в первые метры [Корженков и др., 2014 б, в, д]. Поперек русла одноименной реки возникла тектоническая запруда, и в нижней части впадины, где и находятся археологические памятники, образовалось озеро. Функционирование городищ оказалось невозможным, и они были оставлены людьми.

Брошенные глиняные стены быстро разрушаются: они оплывают как куча снега на солнце. Продукты разрушения, размыва верхней части стен отлагаются тут же у их подножия, образуя пологие скаты. Однако нижняя часть стены, сокрытая этими скатами – контрфорсами, хорошо сохраняется в разрезе. Именно поэтому, следующее сильное землетрясение, оставившее свои следы в виде глубоких клиньев – заколов, не привело к обрушению остатков средневековых стен. И стены и клинья прекрасно видны в археологическом разрезе (рис. 5.13.17).

Аналогичная история имела место и в Тоссорском городище. По материалам Д.Ф. Винника [1967] оно также было построено в X в. н.э. Культурный слой и здесь оказался незначительным – всего 30-50 см. Этот факт также говорит о незначительном времени заселения этого городища, вероятно, не более века. За это время по обе стороны от стены накопились отложения ее оплывания мощностью до 60 см в пристенной части. Внутри крепости на этом оплыве развит слой углей мощностью до 3 см, который свидетельствует об обширном пожаре, одновременном с обрушением обломков стены к востоку.

Значительный однонаправленный отброс обломков раскопанной нами стены на восток указывает на сильное сейсмическое воздействие. Однако здесь, по-видимому, городище не восстанавливалось: следов ремонта не видно. Стены покинутого строения, построенные из лессовидного суглинка, начали оплывать и по обе стороны от них образовались скаты, удерживающие нижние части стен от разрушения. Стена превратилась в пологий увал. Именно поэтому, хотя последующее сильное землетрясение сильно повредило стену (образование клина-закола и серии трещин - “цветочной” структуры), но ее внутреннюю структуру прекрасно видно в пройденной нами траншее (рис. 5.13.19).

Когда же произошло это землетрясение? Судя по тому, что мощность оплывов вокруг стен в Каджи-Сазских и Тоссорской городища достигает 1.6 м, их накопление происходило на протяжении многих столетий. Существующие литературные и архивные материалы по археологии Иссык-Кульской впадины [Иванов, 1957; Биосферная..., 2002] указывают на 2 периода заселения городов в котловине X-XII и XIII-XIV (изредка до XV) вв. н.э. В XVII в. здесь проходят калмыки, а с XVIII в. начинается современная киргизская история заселения этого края. “Немым” остается лишь XVI в. Эра моголов уже закончилась, а калмыки еще не пришли. Ни до, ни после этого времени в скудной исторической литературе по исследованному региону информации о сильных землетрясениях не встречается. Остается предполагать, что сильное землетрясение (или их серия) в XVI в. поставило “жирный крест” на остатках земледельческой цивилизации Прииссыккуля, полностью разрушило политическую, административную и военную структуру региона, что позволило племенам калмыков пройти описываемый регион как нож через масло, практически не встречая серьезного сопротивления местных жителей.

Мы уже указывали на существование активных разломов и сейсмогенерирующей зоны на юге Иссык-Кульской котловины. Было указано также на высокий сейсмический потенциал этой зоны. Подтверждением нашему заключению явилось значительное землетрясение, которое произошло в 2014 г. в исследованном регионе.

КАДЖИСАЙСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 14 НОЯБРЯ 2014 Г. (глава написана совместно с В. Гребенниковой)

14 ноября 2014 г. в 07 час. 24 мин. 17 сек. по местному времени на территории Южного Прииссыккуля произошло землетрясение силой 7 баллов (координаты 42°07' с.ш. и 77°13' в.д.;  $K=13.9$ ;  $M_{pv}=6.1$ ; глубина очага 19 км). Эпицентр землетрясения расположен на юго-западном склоне гор Тегерек в 2.0 км - к юго-востоку от пос. Каджи-Сай, 1.5 км - к юго-западу от вершины горы Санчик и 1.0 км - выше по склону от развалин, которые расположены на болотистой местности урочища Каджи-Саз (рис. 5.13.22). По устному сообщению лаборатории сейсмологических методов прогноза землетрясений Института сейсмологии НАН КР ось напряжения сжатия в очаге направлена на северо-восток, азимут 40°, угол - 12°; ось напряжения растяжения направлена на юго-восток, азимут 155°, угол - 63°. Подвижка в очаге землетрясения - надвиг.



Рис. 5.13.22 – Обзорная карта района Каджисайского землетрясения 14.11.2014 г., карта разбита сеткой со сторонами ячеек 4 км. Условные обозначения: 1 - эпицентр землетрясения; 2 - разломы ▲

В поселках Каджи-Сай, Тосор, Коргон-Булак толчки ощущались силой 7 баллов, Балыкчы – 4.5 балла, Караколе – 4.5 баллов, Чолпон-Ате – 4.5 балла, Нарыне – 4 балла, Бишкеке – 3.5 балла (инструментальные данные). Таким образом, ощутимые сотрясения охватили значительную площадь Северного Кыргызстана: от города Каракол - на востоке, до города Бишкек – западе; от города Нарын - на юге, до города Алматы - на севере.

Для макросейсмического обследования последствий землетрясения Институтом сейсмологии НАН КР была оперативно организована группа, которая в тот же день (14 ноября) выехала к месту события. К сожалению, территории горного массива Тегерек и урочища Каджи-Саз (эпицентральная зона) были покрыты глубоким снежным покровом, что затруднило сделать визуальное обследование ландшафта. Поэтому основное обследование было проведено путем опроса жителей с. Коргон-Булак в долине Каджи-Саз. В результате Каджисайского сейсмособытия в близлежащих к эпицентру поселках - Каджи-Сай и Коргон-Булак, “пострадали” многочисленные строения жилого и социально-культурного назначения: в стенах и на стыках углов образовались трещины, местами значительные, с потолков обвалилась штукатурка, у одной из пристроек к дому упала внешняя стена, частично оборваны линии электропередач (рис. 5.13.23-5.13.25).

В связи с отсутствием к настоящему времени макросейсмических данных по 7-ми балльному Каджисайскому землетрясению 2014 г., В.В.Гребенниковой была построена экспериментально-теоретическая карта изосейст Каджисайского землетрясения 2014 г. на основе уравнения макросейсмического поля [Абдрахматов и др., 2012] (рис. 5.13.26).

Определение балльности ( $I_i$ ) населенных пунктов (объектов), коэффициентов затухания ( $\nu$  и  $c$ ) и расстояния  $\Delta_i$  (км) от точки наблюдения (населенного пункта, объекта) до эпицентра, было проведено на основе уравнения макросейсмического поля [Абдрахматов и др., 2012]:

$$I_i = bM - \nu \lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + c, \quad (1)$$

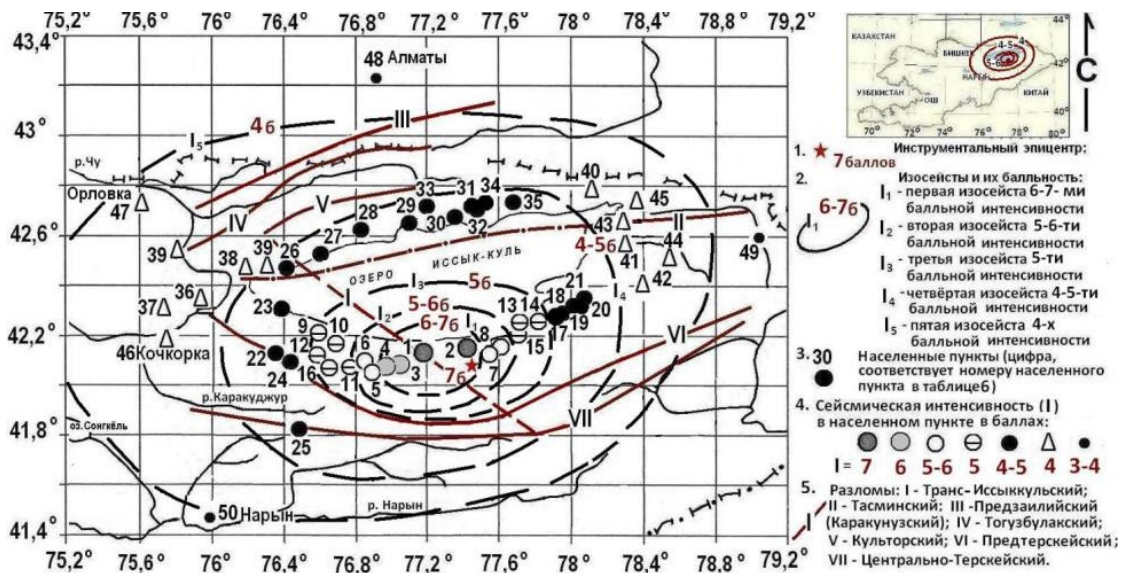
где:  $I_i$  – балльность, вызванная землетрясением с магнитудой  $M$ , очагом на глубине  $h$  (км) и на расстоянии  $\Delta_i$  (км) от точки наблюдения (населенного пункта, объекта) при коэффициенте  $b = 1.5$  (таблица 5.13.5).



**Рис. 5.13.23.** Откол части угла дома с образованием трещин. Село Коргон-Булак, ул. Достук 1 (N 42°05'01.5", E 77°14'21.0", alt. 2452 м); хозяин дома К. Балтаев (фото и данные координат Т.А. Чаримова, Ы. Камчыбекова) ▲

**Рис. 5.13.24.** Трещины и падение штукатурки в стене дома в с. Коргон-Булак, ул. Достук 6 (N 42°05'02.0", E 77°14'16.8", alt. 2437 м); хозяин дома Р. Абдиев (фото и данные координат Т.А. Чаримова, Ы. Камчыбекова) ▲

**Рис. 5.13.25.** Трещина и вывал штукатурки в стене между комнатами в доме с. Коргон-Булак, ул. Достук 6 (N 42°05'02.0", E 77°14'16.8", alt. 2437 м); хозяин дома Р. Абдиев (фото и данные координат Т.А. Чаримова, Ы. Камчыбекова) ▲



**Рис. 5.13.26.** – Экспериментально-теоретическая карта изосейст Каджисайского землетрясения, произошедшего 14.11.2014 г. ( $M_p=6.1$ ;  $M_L=5.5$ ;  $K=13.9$ ;  $N=19$ ;  $I_0=7$ ), инструментальный эпицентр (\*)  $\varphi=42.12^\circ N$ ,  $\lambda=77.22^\circ E$ ). Построена с использованием уравнения макросейсмического поля [Абдрахматов и др., 2012; Геологические..., 1978]. ▲

Расчёты и построение коэффициентов затухания ( $v$  и  $c$ ) и расстояния  $\Delta_i$  (км) были реализованы в пределах координат  $41.4^\circ - 43.0^\circ$  северной широты и  $75.0^\circ - 80.0^\circ$  восточной долготы. В качестве исходного массива данных были использованы макросейсмические данные Каджисайских и Барскаунских землетрясений, произошедших с 1965 по 1983 годы в Тонком сейсмоактивном блоке – центральная часть Джумгало-Терекской сейсмогенерирующей зоны Северного Тянь-Шаня [Геологические..., 1978] (таблица 5.13.3).

**Таблица 5.13.3.** Макросейсмические данные Каджисайских и Барскаунских землетрясений, произошедших с 1965 по 1983 годы в Тонком сейсмоактивном блоке – центральная часть Джумгало-Терской сейсмогенерирующей зоны Северного Тянь-Шаня

№	Дата д. м. г.	Координаты		Глубина (Н, км)	Магнитуда (MLH)	Энергет. класс (К)	Название землетрясения	Интенсивность (I <sub>0</sub> ) сотрясения в эпицентре
		j°N	i°E					
1	18.10.1965	41,97	77,55	15	5,0	13,0	Барскаунское	6-7
2	06.04.1979	41,97	77,43	25	5,0	13,5	Барскаунское	6
3	05.07.1980	41,92	77,50	20	5,6	13,8	Каджисайское	6-7
4	21.12.1983	42,07	77,45	15	4,1	12,5	Каджисайское	6

**Таблица 5.13.4** – Расчетная интенсивность сотрясения (I<sub>0</sub>) населенных пунктов при Каджисайском землетрясении, произошедшего 14.11.2014 г. (M<sub>pv</sub>=6,1; MLH=5,5; K=13,9; H=19; I<sub>0</sub> = 7)

№	Населенный пункт	Баллы (I <sub>0</sub> )	№	Населенный пункт	Баллы (I <sub>0</sub> )
1	Каджи-Сай	7	26	Тору-Айгыр	4-5
2	Тосор	7	27	Чырпыкты	4-5
3	Бокомбаево	6	28	Чонг-Сары-Ой	4-5
4	Торт-Кель	6	29	Чолпон-Ата	4-5
5	Ак-Сай	5-6	30	Корумду	4-5
6	Большевик	5-6	31	Темировка	4-5
7	Тамга	5-6	32	Григорьевка	4-5
8	Барскоон	5-6	33	Бозтери	4-5
9	Кара-Коо	5	34	Семеновка	4-5
10	Кызыл-Туу	5	35	Ананьево	4-5
11	Тогуз-Булак	5	36	Орто-Токой	4
12	Денг-Тала	5	37	Кара-Тоо	4
13	Ак-Терек	5	38	Балыкчы	4
14	Кичи-Джаргылчак	5	39	Сары-Камыш	4
15	Джениш	5	40	Кутурга	4
16	Конгур-Олён	5	41	Каракол (пристань)	4
17	Даркан	4-5	42	Каракол	4
18	Саруу	4-5	43	Михайловка	4
19	Кызыл-Суу	4-5	44	Теплоключенка	4
20	Оргочор	4-5	45	Тюп	4
21	Светлая поляна	4-5	46	Кочкорка	4
22	Туура-Суу	4-5	47	Орловка	4
23	Кара-Талаа	4-5	48	Алматы	3-4
24	Ала-Баш	4-5	49	Джергалан	3-4
25	Пер-Джилак-Бель	4-5	50	Нарын	3-4

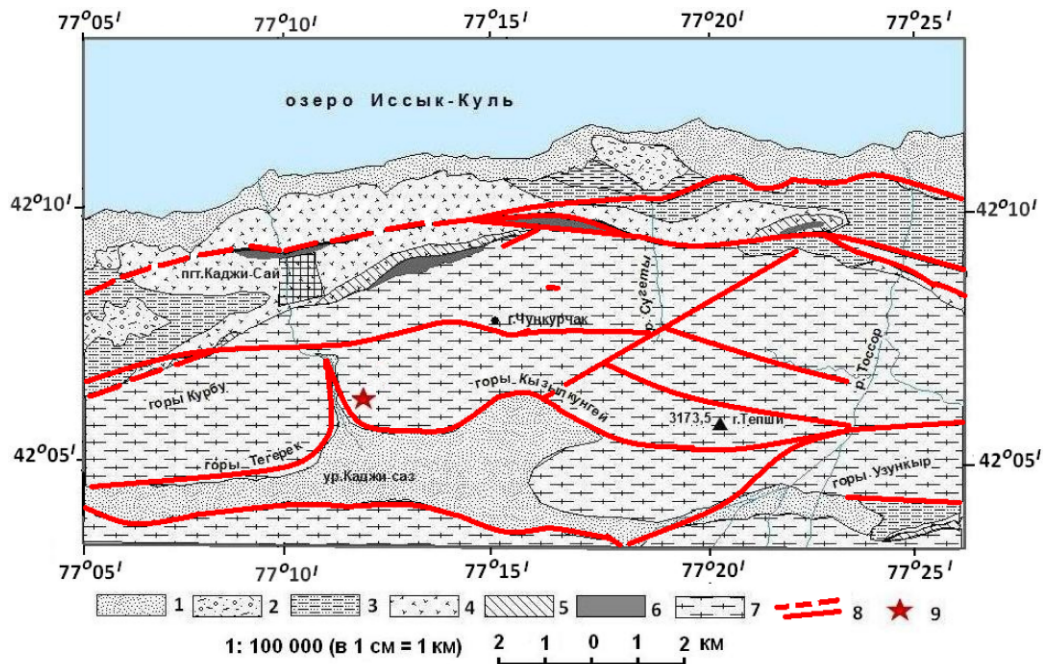
Таблица 5.13.5 - Интенсивность (I) сотрясений (в баллах, по MSK-64) в населенных пунктах, вследствие серии Каджисайских и Барскаунских землетрясений с K=12,5, определенная макросейсмическими обследованиями и расчетным методом (M - локальная магнитуда MLN; K - логарифм выделенной энергии землетрясения в джоулях; H - глубина очага землетрясения в км)

Названия населенных пунктов	Серия Каджисайских и Барскаунских землетрясений										Землетрясения оказавшие различную интенсивность сотрясения на населенные пункты, указанные в колонке №1											
	1. 26.01.1940 Каджисайское M=5,5; K=14; H=15; lo= 6-7		2. 18.10.1965 Барскаунское M=5; K=13; H=15; lo= 6-7		3. 06.04.1979 Барскаунское M=5;K=13,5; H=25; lo= 6		4. 05.07.1980 Каджисайское M=5,6; K=13,8; H=20; lo= 6-7		5. 21.12.1983 Каджисайское M=4,1; K=12,5; H=15; lo= 6		6. 14.11.2014 Каджисайское M=5,5 (Mpv) = 6,1; KR=13,9; H=19; lo= 7		1970 г. Сарыка- мышское M=6,8; K=15,6; H=15; lo=8-9		1978 г. Жаланаш- Толское M=6,7; K=15,6; H=20; lo=8-9		1988 г. Чолп- понатинское M=4,9; K=12,9; H=21; lo=6-7		1990 г. Байсоорун- ское M=6,4; K=15,3; H=15; lo=8		2013 г. Сарыказ- ское M=5,8; K=15,0; H=14; lo=8	
	°N	°E	°N	°E	°N	°E	°N	°E	°N	°E	°N	°E	°N	°E	°N	°E	°N	°E	°N	°E		
	41,90	77,20	41,97	77,55	41,97	77,43	41,92	77,50	42,07	77,45	42,12	77,22										
	Интенсивность (I) сотрясения (в баллах) в населенных пунктах, установленная макросейсмическими обследованиями (в скобках расчетная)																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12											
Ак-Булун			3-4										6-5									
Ак-Сай		4-5	4		5	(5-6)									6							
Ак-Терек		4	4-5	6	5	(5)	4							6	3							
Ак-Тюз				4										4-5								
Ала-Баш						(4-5)																
Алматы (Каз.)		3	2		2-3	(3-4)								5-6	4-5							
Ананиево		4	4	4	4	(4-5)								6	5							
Балыкчы		3-4	3-4	4	3-4	(4)								5-6								
Баетова			3-4																			
Барбулак					4																	
Барскоон		5	4-5	6	5-6	(5-6)								5-6								
Бишкек			2		2-3									4-5								
Боз-Бешик				5										6-7								
Бозтери						(4-5)																
Бокомбаево		4-5		6	5-6	(6)								5-6	3							
Большевик						(5-6)																
Боом с/станция						3																
Бурулдай				4										4								
Быстровка		3	3-4											5								
Григорьевка		3-4				(4-5)								6	6							
Даркан				6		(4-5)																
Дён-Талаа		4	3-4			(5)								4-5								
Джергалан			3		3	(3-4)								6-5	3							



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Джиль-Арык	3-4?							6		5	
Джениш						(5)					
Долинка		3-4						5-6		6	4-5
Долон			3-4				7	7	3-4	6	
Зындан (Турген)			3				6-5			5	
Иштык		3-4					4-5	4-5			
Каджи-Сай		5	5	6	5-6	(7)	5	5-6	3	5	4
Калиновка				3-4							
Кара-Балта			2				3	4			
Каракол		2-3	3-4	5	4	(4)	5	7	3	5-6	5-6
Караколка			4-5					4			
Кара-Сай		3-4		5	3		4	4-5			
Кара-Талаа					4	(4-5)					
Кара-Тоо						(4)					
Кара-Коо						(5)					
Кен-Суу			3		3		6		3	5	6-7
Кичи-Джаргылчак						(5)					
Кичи-Сары-Камыш			4								
Кызыл-Суу						(4-5)					
Кызыл-Туу						(5)					
Кой-Сары			4-5				5-6	7			
Комойнок		3		4							
Комсомол					4-5			5			
Конкино											
Конгур-Олён			3-4			(5)					
Курменты		3-4	3-4				6		4-5	7	
Корумды			4		4	(4-5)				6	
Кочкоржа		3	4	4	3	(4)	4	5		4	
Курск			4								
Кутурга		3-4	3-4		4	(4)	5-6	6-7	4-5	7	5
Луговое	4						3	7		7	
Мин-Булак			4				7	7		6	
Михайловка					4	(4)	6	7		6	5-6
Нарын		3	3-4	4	2-3	(3-4)	3-4	4			
Новороссийка				4				5			
Ойтал		3-4					5-6	6-5		7	
Орточор						(4-5)					
Орловка						(4)					
Орнок				4						6	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Орто-Токой					3	(4)		5-6	3		
Пер.Джилак-Бель						(4-5)					
Покровка		4	4	5	4		5			5	
Саруу		4		6	4-5	(4-5)	5	6-7	3	6	4-5
Светлая поляна											
Свх. Конгурленг			4								
Свх. Тамчи			3-4					5-6			
Свх. Улахол		4		5				5-6			
Сары-Камыш					3-4	(4)	8-9			5	4
Сары-Тологой			4					7		5	
Семеновка			3-4		4	(4-5)			6	6-7	4-5
Семиз-Бель (село)			4								
Талды-Су			4				6	7-8		6	5-6
Тамга	6?	6	5-6	6	6	(5-6)		5-6	3	5	
Тамчи				4			4		4-5	5	4-5
Темирканат					5						
Темировка						(4-5)					
Теплоключенка					3	(4)	7	6-7			5-6
Тогуз-Булак		4	4	6	5	(5)		5		4	4
Тон		4-5									
Токмак				3-4			4-5	5		4-5	
Торт-Кель		4-5			5	(6)					
Тору-Айгыр			3-4	4	3-4	(4-5)	4	5-6	3	5	4
Тосор		5	5	6	6	(7)		5-6	3	5	4-5
Турасу				5							
Туура-Суу						(4-5)					
Тюп		3-4	3-4	4	3-4	(4)	6	7	4		5-6
Улахол		3-4									
Ходжояр					4					6-7	
Чоктал					3-4				4-5	5	
Чолпон-Ата		3-4	3-4	5	4	(4-5)	5	6	5-6	6	4-5
Чолпон		3					6-7	7			6
Чонг-Сары-Ой						(4-5)					
Чон-Джаргылчак			4,5	6						5	
Чон-Урюкты		4	3-4					6-7		6-7	
Чырпыкты					3-4	(4-5)			4	4-5	
Шалба				5			5			5-6	
Эмгекчил				4							
Юрьевка			3				2-3	4-5			



**Рис. 5.13.27.** – Геологическая схема-карта Тоссор-Каджисайского участка Тонского блока. 1 – четвертичные отложения 2 – шарпылдакская свита, 3 – иссыккульская свита, 4 – киргизская свита, 5 – коктурпакская свита, 6 – юрские отложения, 7 – домезозойские породы, 8 – разломы, 9 – эпицентр Каджисайского землетрясения

В геологическом отношении эпицентр Каджисайского землетрясения приурочен к разлому северо-западного простирания, который отсекает древнюю денудационную поверхность верхнего яруса рельефа гор Тегерек - широкая, пологая, слегка всхолмленная площадка, от крутого юго-западного склона, основание которого граничит с болотистым участком урочища Каджи-Саз. Разлом прересекает восточную часть Тегерекского массива, имеющего удлиненную форму широтного простирания и ограниченного с севера и юга глубинными разломами (рис. 5.13.27). На поверхности разлом разграничивает отложения альмерекской свиты ( $D_{1-2}$  al), которые представлены липоритовыми порфирами и их туфами с прослоями андезитов, от интрузивных пород джилисуйского комплекса ( $\gamma D_{2-3d}$ ) – средне-крупнозернистые граниты, аляскиты, порфиroidные граниты [Стратифицированные..., 1982].

На последней карте сейсмического районирования территории Кыргызстана [Абдрахматов и др., 2012] эпицентральный район Каджисайского землетрясения входит в состав западной части Джумгало-Терской сейсмогенерирующей зоны, выделенной как Тонский блок [Абдрахматов и др., 2012, Оценка..., 2011], в котором максимальная магнитуда ожидаемых землетрясений определена в  $\leq 6.5$  (рис. 6.13.31). Данная сейсмогенерирующая зона заключена между Предтерской и Центрально-Терской разломами и представляет собой эпикаледонскую клавишно-блоковую структуру южной части Иссык-Кульской глыбы древнего срединного массива. В новейшей структуре Предтерской разлом является краевым - разделяет Терское поднятие и Иссыккульскую впадину, выражен дугообразной линией, ориентированной выпуклостью к югу. В месте пересечения с Транс-Иссыккульским разломом он распадается на две самостоятельные кулисно подставляющие друг друга ветви [Геологические..., 1978]. Центрально-Терской разлом – внутризональный. Западнее р. Тамга он представлен серией субпараллельных или кулисно подставляющих друг друга подвигов с южной вергентностью.

Тонский блок - центриклиналь новейшей и современной Иссык-Кульской впадины с глубиной погружения до 1000 м [Геологические..., 1978]. Южная периферия прогиба характеризуется распространением тесно сближенных горст-антиклиналей, имеющих гранитное ядро и облекающих их покров кайнозойских отложений, ориентированных субширотно и имеющих как кулисное, так и параллельное размещение. Длина этих структур не превышает 8-10 км. Они содержат многочисленные разрывы северо-восточного и северо-западного простирания. К одному из них и приурочено Каджисайское сейсмическое событие.

### 5.14. АЛАБАШ-КОНУРОЛЕНСКИЙ УЧАСТОК СЕЙСМОДИСЛОКАЦИЙ

Алабаш-Конуроленский участок сейсмодислокаций был выделен нами впервые.

#### НЕОТЕКТОНИКА И СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Алабаш-Конуроленская впадина расположена к югу от оз. Иссык-Куль и вытянута в субширотном направлении на 34 км при ширине до 7.5 км (рис. 5.14.1). С юга она ограничена хребтом Терской Ала-Тоо, вершины которого поднимаются выше 4600 м, с севера – серией адырных поднятий (горы Тегерек, Кокон-Адыр, Ак-Бакшы) с высотами до 2500-3000 м. В поперечном сечении рельеф котловины имеет ассиметричный профиль: более крутой северный борт и пологий – южный. Согласно модели, предложенной в [Burgette, 2008], обрамляющие с юга и севера хребты надвигаются на впадину по взбросам, тогда как в [Абдрахматов и др., 2001; Delvaux et al., 2013] указано на наличие только северного взбросового ограничения впадины. Начало вертикального воздымания адырных поднятий по Кокон-Адыр-Тегерекскому взбросу датируется началом квартера. [Корженков, 1987; Korjenkov et al., 2006]. Интенсивность вертикальных движений по взбросу, сместитель которого падает в северных румбах, и формирование адырных хребтов является достаточно интенсивным. На это указывают antecedentные участки долин Ак-Терека и Кель-Тера, в местах пересечения реками адырных поднятий. Западнее Ак-Терека расположена так называемая “ветровая щель” – это оставленный при поднятии хребта antecedentный участок палеодолины Ак-Терека – современный перевал Дувана, где фиксируются следы среднеплейстоценовой речной аккумуляции [Макаров, 1977; Korjenkov et al., 2006]. В обрамляющих впадину хребтах обнажаются комплексы докайнозойского основания. Среди них доминируют массивы нижнепалеозойских гранитов, гранодиоритов, диоритов, реже габбро, протерозойские метаморфические комплексы. Сама впадина выполнена среднеплейстоцен-голоценовыми ледниковыми, флювиогляциальными, пролювиальными, аллювиальными, озерно-болотными и эоловыми отложениями [Геологическая..., 1968]. Широкой наземной дельтой р. Конгуролен впадина условно разделяется на западную (Алабашскую) и восточную (Конуроленскую) части.

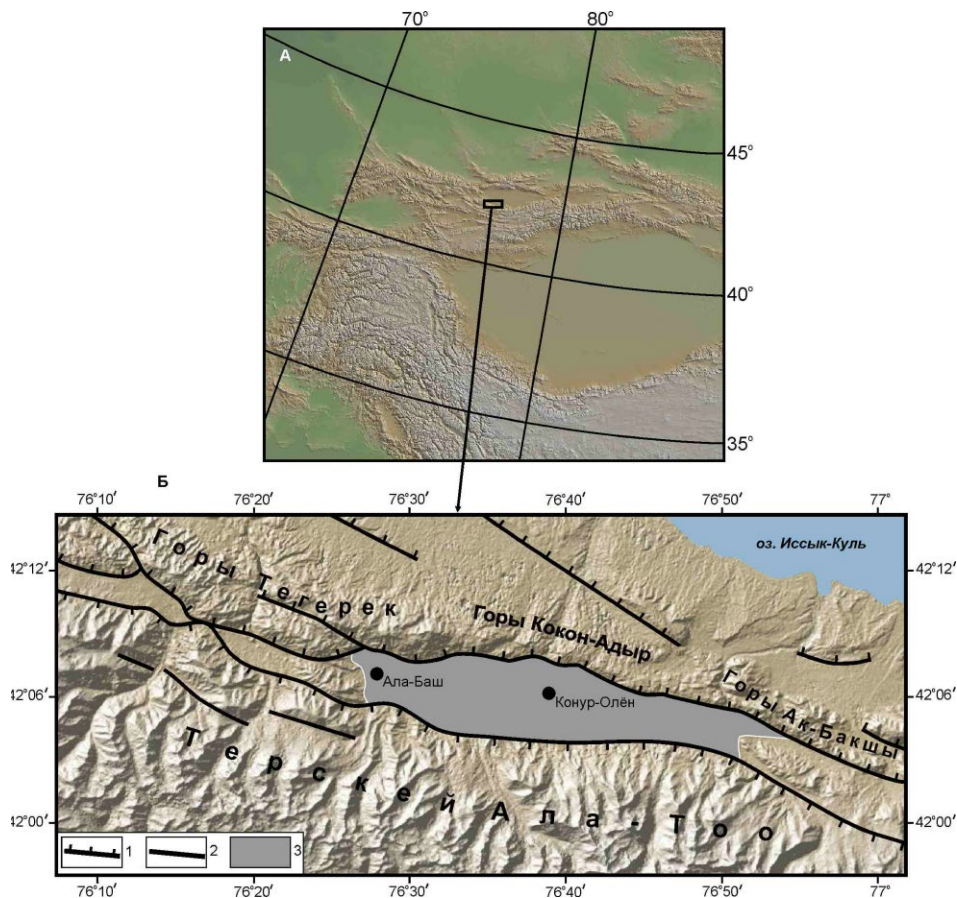


Рис. 5.14.1. А – положение района исследований в структуре Центральной Азии. Б – Оттененный рельеф района исследований с вынесенными активными разломами по [Корженков, 1987; Абдрахматов и др., 2001; Кальметьева и др., 2009] с изменениями и дополнениями авторов. 1-2 – активные разломы: 1 – взбросы, 2 – неясной кинематики; 3 – Алабаш-Конуроленская впадина. ▲

В поле распределения эпицентров инструментально зарегистрированных землетрясений в пределах изученного района фиксируются события, магнитуда которых не превышает 5. Отдельные эпицентры расположены юго-восточнее, в пределах южного склона хребта Терской Ала-тоо, обращенного к долине р. Балгарт [Кальметьева и др., 2009]. 20.09.2013 г. к северо-западу от района исследований (на побережье о. Иссык-Куль между селами Кара-Талаа, Улахол, Бар-Булак, Отгук и Кара-Тоо произошло землетрясение с  $M_{pv}=5.2$  и  $I_0=4-5$  баллов [Абдыраева и др., 2014]. С учетом распределения инструментальной сейсмичности район исследований на картах сейсмического районирования территории Кыргызской республики расположен в зоне ожидаемых землетрясений с магнитудой  $\leq 6.5$  (рис. 5.14.1).

Проведенные авторами в полевом сезоне 2014 г. палеосейсмологические и археосейсмологические исследования позволяют существенно изменить сложившиеся представления о сейсмичности района Алабаш-Конгурленской внутригорной впадины.

#### Результаты палеосейсмологических исследований

В северном борту западной части впадины выявлен широтный сейсмоуступ протяженностью 2.3 км и высотой до 4-6 м, который нарушает позднеплейстоцен-голоценовые конуса выноса (рис. 5.14.2, 5.14.3). Ниже по склону зафиксированы фрагменты второго и третьего сейсмоуступов длиной 350 м.

В западной стенке сухого сая, прорезающего сейсмоуступы в месте их сочленения, в точке с координатами ( $N=42.12703^\circ$ ,  $E=076.49076^\circ$ ,  $Alt=2068$ , точность измерения GPS-координат  $\pm 10$  м) описан разрез, в котором в стратиграфической последовательности вскрыт следующий набор пролювиальных слоев (рис. 5.14.4).

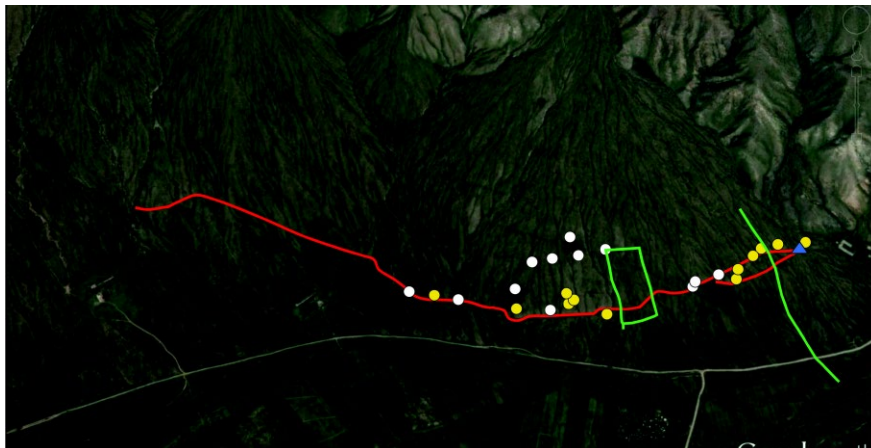


Рис. 5.14.2. Северный борт западной части впадины. Пролувиальные конуса выноса, нарушенные широтными сейсмоуступами. Красные линии – сейсмоуступы. Зеленые линии - каменные стены. Белые круги - недеформированные курганы. Желтые круги - деформированные курганы. Синий треугольник – положение разреза (рис. 5.14.4). ▲

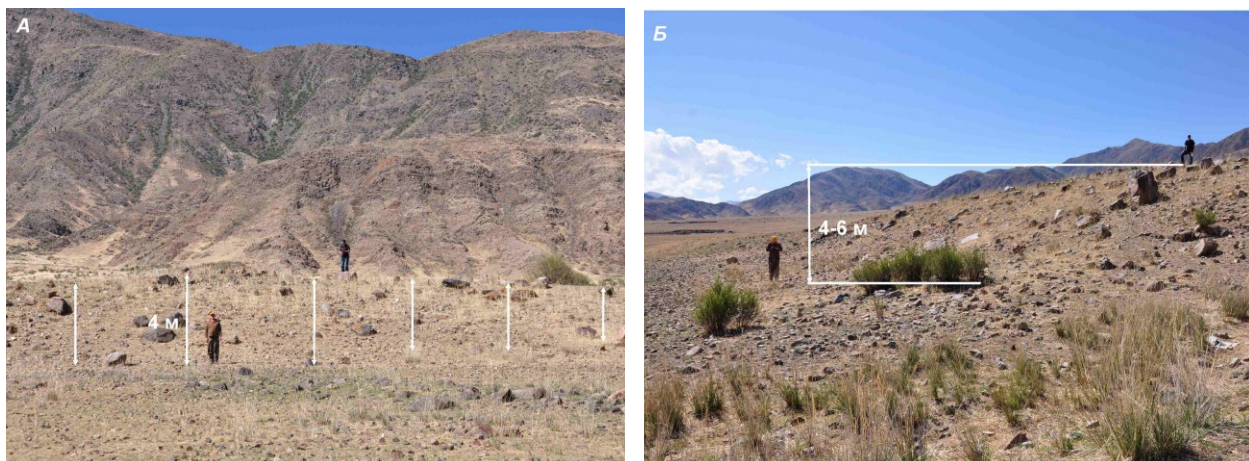
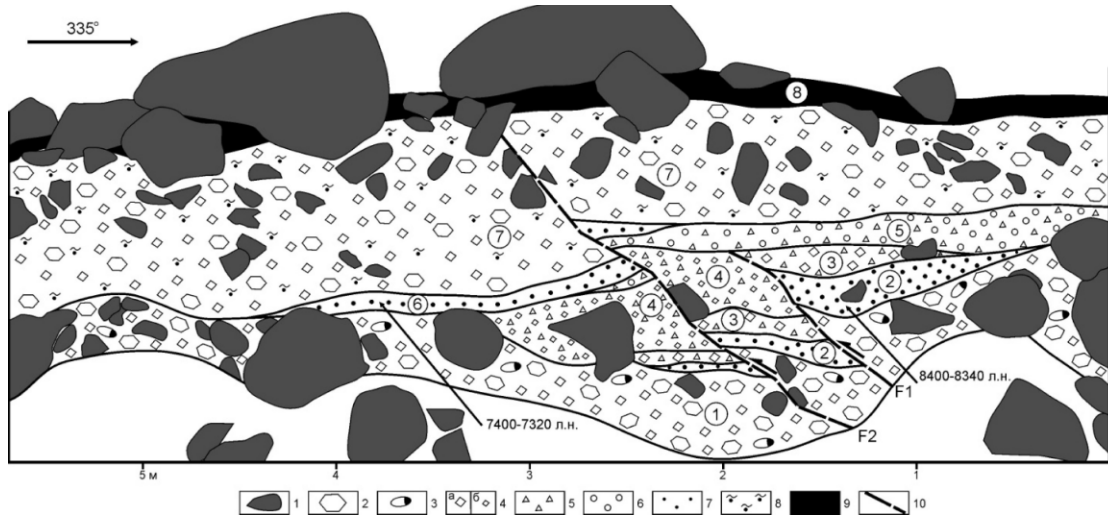


Рис. 5.14.3. Основной сейсмогенный уступ в северном борту Алабаш-Конгурленской впадины. А – вид на север, Б – вид на запад.▲



**Рис. 5.14.4.** Разрез западной стенки сухого сая, пересекающего сейсмогенный уступ в северном борту Алабашской впадины. 1 – наиболее крупные валуны, отломы и глыбы; 2 – отломы; 3 – валуны; 4 – щебень: а – крупный, б – мелкий; 5 – дресва; 6 – гравий; 7 – песок, 8 – супесь, 9 - современная бедная гумусом горная почва, 10 – разломы.▲

*Слой 1.* Серый щебне-отломник с отдельными валунами. Мощность более 0.45 м.

*Слой 2.* Линза серого крупно-грубозернистого песка протяженностью около 2.6 м и мощностью до 0.2 м. Из песка отобраны раковины гастропод (образец DEKG-2014-6). <sup>14</sup>C возраст раковин, определенный AMS методом, составил 7550±40 л.н. (Poz-66205)<sup>2</sup>, калиброванный возраст - 8400–8340 л.н.

*Слой 3.* Линза серого щебне-дресвяника протяженностью 2.3 м и мощностью до 0.16 м. Щебень преимущественно крупный (> 5 см). *Слой 4.* Линза серого щебне-дресвяника протяженностью около 1.7 м и мощностью до 0.4 м. Щебень преимущественно мелкий (< 5 см). Залегание слоев 1-4 нарушено разломом F1, имеющим взбросовую кинематику и падающим на север под углом 40°. Амплитуда смещения составляет 0.5 м. Слои 1-4 и нарушающий их взброс срезаются слоями 5-7.

*Слой 5.* Выклинивающаяся к центральной части разреза линза серого гравийно-дресвяника. Мощность до 0.2 м.

*Слой 6.* Линза серого средне-крупнозернистого песка протяженностью 2.4 м и мощностью до 0.1 м. Из песка отобраны раковины гастропод (образец DEKG-2014-5). <sup>14</sup>C возраст раковин, определенный AMS методом, составил 6465±35 л.н. (Poz-66204), калиброванный возраст - 7400–7320 л.н.

*Слой 7.* Крупный щебень с многочисленными отломами и валунами в серовато-белой супе-си. Мощность до 0.9 м.

Залегание слоев 1-7 нарушено разломом F2, имеющим взбросовую кинематику и падающим на север под углом 20-50°. Амплитуда смещения составляет 0.3 м. В результате поднятия северного крыла разлома слой 7 частично эродирован. Слой 7 и нарушающий его целостность взброс F2 перекрываются слоем 8.

*Слой 8.* Современная бедная гумусом горная почва. Мощность до 0.2 м.

Таким образом, в разрезе обнаружены два взброса, соответствующие двум различным палеоземлетрясениям: более древнему – F1 и более молодому – F2. Кинематика смещений указывает на то, что северный борт Алабашской впадины надвигается на ее осадочное выполнение. Возраст землетрясения, сформировавшего подвижку по плоскости F1, находится в диапазоне 7300-8400 тыс. л.н. Второй взброс, с которым связано морфологическое оформление уступов, имеет более молодой возраст. В разрезе он перекрыт только современной почвой. О возрасте землетрясения позволяют судить деформации археологических памятников на поверхности пролювиальных конусов (см. рис. 5.14.2).

<sup>2</sup>Определения радиоуглеродных возрастов AMS методом выполнены в Радиоуглеродной лаборатории г. Познань (Польша, руководитель профессор Tomasz Goslar). Калиброванный возраст рассчитан с использованием программного обеспечения OxCal 4.2 [Bronk Ramsey C., 2013] и калибровочной кривой IntCal2013 [Reimer et al., 2013].

## ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЙСМОГЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Непосредственно в районе проведения палеосейсмологических исследований расположен ряд разнотипных и разновременных археологических объектов. Конструкции этих объектов деформированы, а формирование самих деформаций может быть результатом древних землетрясений.

*Курганный могильник Ала-Баиш* расположен в пределах пролювиального конуса выноса от горного склона до дороги. Несколько крупных курганов, находящихся на распашке к югу от дороги, указывают на то, что могильник продолжался на распаханной территории, но большинство насыпей курганов здесь к настоящему моменту уничтожено. Курганы в пределах некрополя расположены бессистемно или образуют непротяженные цепочки (до 3-4 курганов), ориентированные с запада на восток. Насыпи курганов земляные, каменные и каменно-земляные диаметром от 4 до 10 метров и высотой от 0.3-1.5 метров. Могильник разграблен в древности, поэтому при его раскопках не удалось найти предметов быта, оружия и т.п. Внешний вид курганов и погребений позволяет датировать могильник по аналогии с подобными некрополями Кыргызстана сако-усуньским временем, т.е. III в до н.э. – V в. н.э. [Винник, 1975]. Ряд курганов расположен непосредственно на бровке или склоне сейсмоуступа (рис. 5.14.5). У них наблюдается сползание вниз по склону уступа каменного материала насыпей, деформации внешних каменных колец курганов.



**Рис. 5.14.5.** Цепочки курганов (А) и одиночные курганы (Б), расположенные на склоне сейсмоуступа. Пунктирная линия – основание сейсмоуступа.▲

В пределах курганного поля насчитывается около 200 камней (*комплекс петроглифов Ала-Баш*), на которых имеются одиночные и групповые изображения животных, сцен быта и геометрических фигур. Все изображения не очень разнятся по стилю и технике выполнения. Техника нанесения рисунков точечная. Глубина скола 0.1 – 0.3 см. Большинство изображений покрыты плотным загаром коричневого цвета, но имеются и с более светлыми оттенками. В отдельных случаях загар рисунков сливается с загаром поверхности камней так, что изображения почти не заметны и их можно, рассмотреть только при определенном угле освещения.

Среди рисунков преобладают козлы; изображения одиночные, по две или более фигур. В основной массе на изображениях козлы имеют спиралевидные рога. Изображения козлов отличаются правильностью пропорций фигуры и почти полным сходством их с живой натурой. В большинстве фигур чувствуется динамика. Изображения других животных единичны – это олень, бык, собака и др. Незначительную группу составляют рисунки человека в одиночку и с животными (ритуальный сюжет) и геометрических фигур в виде кругов.

Хронологически комплекс петроглифов Ала-Баш относится к одному периоду – раннежелезному веку, его начальной и развитой стадии. Об этом явно свидетельствует скифо – сибирский звериный стиль изображений. Однако не исключено, что некоторые рисунки могут быть датированы более ранним периодом – эпохой бронзы [Винник, Помазкина, 1975]. Исследование наскальных рисунков и могильника Ала-Баш, показало, что комплекс петроглифов привязан к могильнику, и подтверждает датирование последнего сако-усуньским временем.

Каменные стены. В публикациях по археологии Кыргызстана традиционное название, используемое для унифицированного обозначения каменных стен, пока еще окончательно не определилось. В одних статьях эти стены обозначаются как “корук”, в других - как “длинные стены”. “Корук” (у тюрков и монголов - “курук”, “хориг”) в переводе с киргизского означает: ограда, огороженное место или участок земли, как чья-то собственность, владение, охраняемое пастбище [Юдахин, 1965]. Махмуд Кашгарский в своем словаре “Дивани лугат ат-тюрк” (1072—1074 гг.) писал: “Коруг - луга, травянистые поля, в которых пасется эмирский скот. Огороженная, охраняемая от чужих зеленая площадь”. Обычно это ряды валунов и глыб, протяженностью от десятков-сотен метров до нескольких километров. Стены изначально были невысокими, как правило, не выше метра и состояли из трех-четырех слоев крупных камней. Они могли служить (в зависимости от размеров) межплеменными границами, ограничивать частно-феодалные земельные владения и усадьбы, быть фундаментом древних торткулей, форпостов, пикетов, крепостей, выполнять роль мощных фортификационных сооружений, например, перегораживающих вход в горные ущелья. Таким образом, коруки соотносятся с развитием института земельной собственности и свидетельствуют о полуоседлости и оседлости местного скотоводческого населения [Бернштам, 1952; Кожемяко, 1963; Плоских, 1975]. Во время разведки на Иссyk-Куле в сентябре 1973 г. Д.Ф. Винник показал каменную стену в долине р. Конур-Олён, ограждающую могильник сако-усуньского типа [Плоских, 1975].

Зафиксированный четырехугольник из каменных стен характеризуется следующими размерами сторон: западной – 230 м, восточной – 210 м, северной – 110 м, южной 120 м. Восточнее выделена одиночная стена протяженностью 620 м, ориентированная с юго-востока на северо-запад. Юго-восточное продолжение этой стены теряется в распашке за дорогой. Стены сложены из валунов и глыб, приставленных друг к другу вертикально в два ряда. Скорее всего, камни были поставлены на поверхность материка. В настоящий момент они на 30-50% углублены в грунт. В некоторых местах сохранился второй ряд камней. Это позволяет утверждать, что стена была сложена минимум из двух рядов камней. На наличие второго ряда также свидетельствуют камни, лежащие в настоящее время вдоль стен.

Субмеридионально ориентированные стены пересекаются основным сейсмогенным уступом. В месте пересечения наблюдаются участки вертикального смещения стен (рис. 5.14.6). В восточной протяженной стене при приближении к сейсмоуступу наблюдаются поперечные изгибы (рис. 5.14.7), формирование которых может быть связано как с горизонтальными движениями грунта во время землетрясения, так и со смещением вниз поверхности пролювиального конуса при формировании сейсмоуступа. Определенно в пользу воздействия сейсмического удара на стены указывают направленные разбросы камней, находившихся в стенах (рис. 5.14.8).

Возраст стен может быть указан весьма предположительно. Они могут быть археологическим объектом широкого временного интервала: от культур сако-усуней вплоть до XVIII в. [Плоских, 1975]. Некоторую определенность вносят исследования В.М. Плоских [1975] ко-рука Туура-Суу, который расположен в пределах Тонской долины, примыкающей с востока





Рис. 5.14.6. Вертикальное смещение каменных стен на участках их пересечения сеймоуступом: А – западной стены четырехугольника, Б – восточной стены четырехугольника.▲



Рис. 5.14.7. Зигзагообразный изгиб восточной стены при приближении к уступу. ▲



**Рис. 5.14.8.** Направленные выбросы камней из каменных стен: А – на юг из южной стены каменного четырехугольника, Б – на запад и восток из восточной стены. ▲

к исследуемой нами впадине. Западная часть каменного корука здесь перекрывает тюркский могильник VI-VIII вв., а восточная - постройки городища Кан-Дюбе VIII-XII вв. Таким образом, каменный корук возник позднее VIII-XII вв. и, вероятно, относится к позднему средневековью, послемонгольскому периоду. На каменный корук сверху пристроен глинобитный, который существовал, по крайней мере, с первой половины XVIII по XIX век. Следовательно, корук датируется XIII-XVII веками. Обсуждение полученных результатов и выводы

Результаты проведенных палеосейсмологических и археосейсмологических исследований позволили выделить в пределах северного борта Алабаш-Конгуроленской впадины следы двух сильных землетрясений, в виде разломов надвиговой кинематики. Наиболее древнее сейсмическое событие удалось ограничить интервалом возрастов 7300-8400 тыс. л.н. Какое заключение можно сделать о возрасте последнего землетрясения, с которым связано возникновение сейсмоуступов? Во-первых, датирование могильника Ала-Баш сако-усуньским временем указывает на то, что землетрясение заведомо моложе V в. н.э.

Во-вторых, более молодыми археологическими объектами, несущими признаки сейсмогенного разрушения, являются каменные стены. Их возраст по аналогии с аналогичными объектами Тонской долины может быть принят в интервале XIII-XVII веков.

В-третьих, существующие литературные и архивные материалы по археологии Иссык-Кульской впадины указывают на 2 периода заселения городов в котловине: X-XII и XIII-XV вв. н.э. В XVII в. здесь проходят калмыки, а с XVIII в. начинается современная киргизская история заселения этого края. “Немым” остается лишь XVI в. Ни до, ни после этого времени в исторической литературе по исследованному региону информации о сильных землетрясениях не встречается.

Можно предположить, что сильное землетрясение (или их серия) в XVI в. способствовали угасанию земледельческой цивилизации Прииссыккуля, нарушив политическую, администра-

тивную и военную структуру региона, что позволило племенам калмыков пройти, практически не встречая серьезного сопротивления местных жителей.

В-четвертых, полученные в последние годы, данные археосейсмологических исследований в Северном и Южном Прииссыккулье свидетельствуют именно в пользу такой датировки. Обнаружены свидетельства разрушения средневековых крепостей и внезапного опускания средневековых городищ северного побережья под воды Иссык-Куля, которые могут быть датированы XVI веком [Корженков и др., 2015 а, б].

Наконец, параметры основного сейсмоустапа позволяют рассчитать возможную магнитуду землетрясения. С использованием зависимостей, приведенных в [Никонов, 1984], магнитуда землетрясения могла составлять 7.3 ( $\pm 0.5$ ). Согласно шкале MSK-64 интенсивность (I) землетрясения при такой магнитуде могла составлять 8-9 баллов.

### 5.15. Улахольский участок сейсмодислокаций (№ 18 на рис. 5.1)

Участок находится в верховьях одноименной реки на западном замыкании Иссык-Кульской впадины. Остаточные деформации здесь немногочисленны, однако они являются самыми древними на юге впадины и приурочены к зоне краевого Предтерской разлома [Утиров, 1993]. Здесь наблюдается прерывистый сейсмоуступ в палеозойских породах субширотного направления общей протяженностью до 800 м и три срыва. Эти дислокации задернованы и в значительной степени загущены процессами денудации. Время их образования – голоцен: дислокации нарушают тальвеги голоценовых сайков [Утиров, 1993].

Важная находка была сделана близ с. Улахол (древний город Хол? – [Конурбаев и др., 1994]), находящегося в десятке километров на юг от с. Тору-Айгыр. Это был керамический круглодонный котел великолепной сохранности с двумя горизонтальными ручками подтреугольной формы. Находку извлекли со дна озера рыбаки. На дне котла, доверху набитому песком и илом, сохранились даже кости барана! Позднее эти кости были датированы Радиоуглеродной лабораторией МГУ XIV веком. Один из рыбаков – житель г. Рыбачье (ныне г. Балыкчи) – С.П. Багрин рассказал, что большая площадь на озере в районе находки буквально усеяна фрагментами керамики. Здесь же с лодки он видел каменный жернов. Все эти данные свидетельствуют, что на дне озера близ села Улахол находятся развалины средневекового поселения, которое просуществовало минимум до XIV в.

### 5.16. Кызыломпульский участок сейсмодислокаций

(№ 9 на рис. 5.1)

Участок представлен сейсморвами в коренных породах, которые образовались в привершинной части одноименной горы. Имеются срывы, протяженность стенки отрыва которых не превышает первых сотен метров, высота около 50-100 м [Утиров, 1993]. Наблюдаются также многочисленные сейсмоуступы, прорывающие мощный предгорный шлейф, окружающий гору Кызыл-Омпул с севера, востока и юга (рис. 5.16.1).

## М а с с и в К ы з ы л - О м п у л

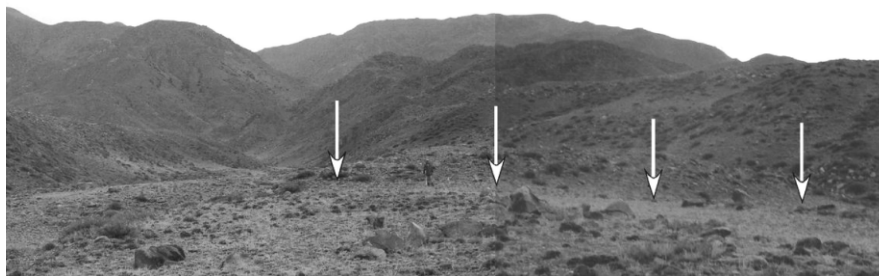


Рис. 5.16.1. 3-5-метровый сейсмоуступ (показан стрелками) в ранне-голоценовой террасе сухого сая – левого притока р. Чу. Вид на север.▲

## АРХЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ

Мы уже указывали выше, что Великий шелковый путь, существовавший на протяжении почти 2 тысяч лет, никогда не являлся единой дорогой, связывающей Китай и Европейские страны. Основные его пути проходили к югу от Тянь-Шаньских гор: вдоль горного обрамления великой пустыни Такла-Макан, там, где были источники воды и корм для скота. Однако в засушливые периоды, а также во времена политических и военных потрясений, Шелковый путь смещался к северу – через “Небесные” горы и одна из его дорог, например, проходила по южному берегу озера Иссык-Куль и, далее, на запад вдоль долины реки Чу.

Городища Сары-Булун Южное (I), Северное (II), находятся на 9 км современной автодороги Балыкчи-Кочкорка. К югу шоссе раздваивается, одна ее ветвь идет на восток вдоль южного побережья Иссык-Куля, а другая на юг – к перевалу Торугарт на границе с Китаем. Обе ветви современной автодороги в точности совпадают с древним караванным путем, по которому до сих пор идет передвижение людей и товаров.

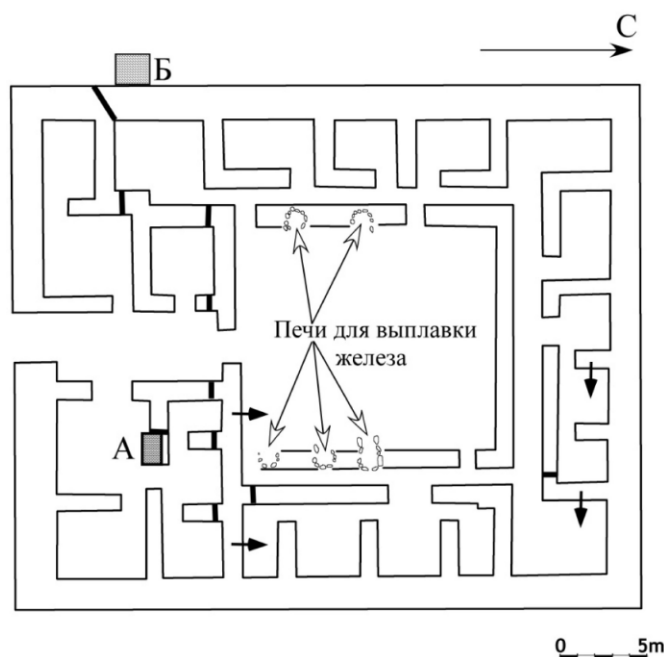
Городища расположены на первой надпойменной террасе правого берега реки Чу. Северное городище находится с западной стороны дороги Балыкчи-Кочкорка; в 200 метров к юго-востоку от северного городища находится южное (рис. 5.16.2) Планировка городищ схожа и, скорее всего, они существовали в одно и то же время. Городища были исследованы Д.Ф. Винником и его экспедиционным отрядом в 1977-78 гг. Северное поселение было раскопано полностью, а южное частично [Винник, 1977, 1978]. В 2009 г. северное поселение исследовано экспедицией Кыргызско-Турецкого университета “Манас”. В ходе исследования городища, был сделан план поселения [Кыргыз-Турк..., 2010].

Городище Сары-Булун Северное (I) находится к западу от дороги Балыкчи-Кочкорка. Городище в плане прямоугольное, ориентировано стенами по сторонам света размерами 40x44 м, максимальной высотой стен до 2.5 м (рис. 5.16.3). Въезд в городище находился в центре южной стены. Двор занимал центральную часть поселения. В ходе работ 1977-1978 года вскрыта вся площадь поселения. Внешние стены глинобитные длиной сторон 29 и 33 м, они сохранились на высоту до 1.3-1.6 м, при толщине до 1 м. Внутри городища зачищены 22 помещения, три коридора и двор [Винник, 1977, 1978]. Сохранились остатки печей (домниц) для выплавки железной руды. Большая часть помещений и особенно двора были заполнены золой и шлаком.

Городище Сары-Булун Южное (II). Его остатки расположены к востоку от дороги Балыкчи-Кочкорка. Городище в плане квадратное, ориентировано стенами по сторонам света размером 40x40 м, максимальная высота валов достигала 1.5 м. Въезд в городище находился в



**Рис. 5.16.2.** Снимок Google с расположением поселений Сары-Булун. Черные линии показывают активный разлом – правосторонний взбросо-сдвиг с взбрасыванием в ЮЮЗ направлении. Горы Бозбармак представляют самую восточную структуру – составляющую Киргизского хребта, являющуюся свидетельством его продолжающегося латерального вспарывания. Именно возникновение и рост этой гряды в позднем плейстоцене привел к повороту р. Чу, ранее впадавшей в озеро Иссык-Куль, в северном направлении. ▲



**Рис. 5.16.3.** План поселения Сары-Булун Северное по [Кыргыз-Турк..., 2010] с изменениями и дополнениями. Черные жирные отрезки означают трещины через всю стену, стрелки показывают направление наклона и выгибания стен. А – смещение целого фрагмента стены к югу, Б – обрушение фрагментов стены на запад. ◀

центре западной стены. Двор занимал центральную часть поселения. При обследовании городища Д. Ф. Винником вдоль западной, северной и восточной стен выявлены 15 помещений с глинобитными, обмазанными стенами. В ходе раскопок проводившихся в 1978 году было вскрыто 7 помещений расположенных вдоль восточной стены, соединявшиеся между собой дверными проемами [Винник, 1978]. Дальнейшие работы в поселении не удалось провести из-за разрушения его землеустроительными работами [Культурно-исторические..., 2003].

Д. Ф. Винником установлено, что оба поселения относятся к Караханидскому времени и дотируются X-XII вв. [Винник, 1978]. Это подтверждает так же Караханидская монета найденная здесь местным учителем в 2008 г. [Кыргыз-Турк..., 2010]. В настоящее время мы можем говорить что южное поселение имело производственное назначение – здесь осуществлялась выплавка железа, северное городище было поселком металлургов. Судя по архитектуре городища северное это была одна из первых конструкций караван сарая на пересечении 9-ти дорог, возможно здесь были караваны шедшие через Чуй, Тенир-Тоо, Иссык-Куль и Жеты-Суу, а в последствии конструкция стала использоваться не как караван сарай, а как мастерская металлургического центра.

#### АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 2015 г.

Местность, где находились городища, была обследована нами в 2015 г. В настоящее время южное поселение можно обнаружить с трудом: оно практически полностью разрушено дорогой Балыкчи-Кочкорка. Сейчас сохранились лишь небольшие фрагменты восточной части поселения, в которой видимо и проводились работы. В ходе осмотра нами были обнаружены остатки двух помещений, внутренняя часть которых полностью заполнена глиной и мусором, в юго-западном углу северного помещения сейчас стоит современный памятник, скорее всего, разбившемуся на шоссе человеку (рис. 5.16.4). Подъемного материала нами обнаружено не было, и в настоящее время более подробно описать поселение мы не можем, так как отчет по работам Д.Ф. Винника на данном объекте в местном археологическом архиве нами найден не был.

Сохранность городища Сары-Булун северное лучше: простояв под открытым небом на протяжении почти 40 лет, оно сравнительно хорошо сохранилось, то есть его конструкцию еще можно проследить (рис. 5.16.5). В настоящее время практически все стены поселения оплыли. Внешняя стена поселения разрушена, её можно проследить только по наибольшему холмику высотой до 40 см, ведущему вокруг городища. Больше всего разрушена западная часть поселения стены, этой части практически полностью смыты и от них остались только небольшие возвышения, по которым можно определить конструкцию помещений. Внутренняя же часть построек сохранились на высоту 1.0-1.2 м. В настоящее время вся внутренняя часть двора заполнена остатками литейного производства (шлаком). Во дворе поселения отчетливо видны каменные останцы четырех-пяти рудоплавильных печей находящихся вдоль восточной и западной стен двора.



**Рис. 5.16.4.** Общий вид поселения Сары-Булун Южное. Вид на восток с автодороги Балыкчи-Кочкорка. Сохранились лишь пологие увалы от бывших глинобитных стен. На среднем плане – уступ, образовавшийся вдоль активного разлома и сложенный палеозойскими породами. На заднем плане – горы Бозбармак.▲



**Рис. 5.16.5.** Общий вид на поселения Сары-Булун Северное. Вид на ВЮВ. На заднем плане – горы Бозбармак.▲

#### АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОСУЖДЕНИЕ.

Хотя прошло уже полвека со времени раскопок на городищах Сары-Булун и их глинобитные стены в значительной степени оплыли, а часть Южного городища была просто уничтожена в связи со строительством дороги, взгляду опытного археосейсмолога видны деформации строительных конструкций. Прежде всего, виден преимущественный наклон стен широтного простирания к северу (рис. 5.16.6), а меридиональных стен к востоку. Последние также имеют и дугообразное выгибание к востоку в плане (рис. 5.17.7). Нами были выявлены также выдвигания частей стен (рис. 5.16.6) и их обрушение (рис. 5.16.8).

Наклоны и обрушения стен, а также горизонтальное смещение верхних частей строительных конструкций является результатом сильных землетрясений. В таких случаях нижняя часть строительной конструкции сместилась вместе с грунтом в направлении соответствующих сейсмических подвижек, в то время как верхние части остаются на месте вследствие инерции. Невзирая на значительные оплывы, нам удалось выявить значительные трещины на всю высоту сохранившейся стены (рис. 5.16.9), чаще всего в их приугловых частях (рис. 5.16.10). Как известно, разрушение углов зданий при землетрясениях происходит в результате различных направлений колебаний перпендикулярно соединенных стен [Корженков и др., 2009].

В результате раскопок Иссык-Кульского археологического отряда в 60-х годах прошлого века, на Северном городище Сары-Булун был выявлен ряд печей, которые средневековые мастера использовали для выплавки железа (рис. 5.16.11). Всего было обнаружено 5 печей (рис. 5.16.3). Видно, что печи в значительной степени деформированы. Между камнями, использованными для их строительства, имеются значительные открытые пространства – бреши, сами камни находятся на различной высоте друг относительно друга. Создается впечатление, что камни разошлись, перекошились во время сильных колебаний грунта. Такую печь уже невозможно использовать для выплавки железа.

Между Северным и Южным городищами Сары-Булун нами был выявлен сейсмоуступ (рис. 5.16.2, 5.16.12) – невысокая гряда коренных пород: девонских конгломератов и песчаников. Этот уступ выходит из гор Бозбармак и протягивается в широтном направлении до реки Чу, где он имеет субвертикальные южные стены (рис. 5.16.13). В месте пересечения уступом авто-трассы Балыкчи-Кочкорка, уступ был срыт во время ее строительства. Однако на продолжении гряды к западу от дороги в реке Чу имеются пороги (рис. 5.16.14), что говорит о молодости последних подвижек по активному разлому. К востоку гряда распадается на ряд вытянутых холмов, располагающихся по правилу левых кулис. Это наблюдение говорит о том, что по разрыву имеются не только вертикальные подвижки (взбрасывание в ЮЮЗ направлении), но и горизонтальные подвижки – левый сдвиг.



**Рис. 5.16.6.** Южная анфилада помещений Северного городища Сыры-Булун. Вид на ЗЮЗ. Виден наклон широтной стены на север и выдвигание части стены того же простираения на юг. Полоса растительности на среднем плане – пойма реки Чу, на дальнем плане массив Кызыл-Омпул и antecedentная щель реки, где она пропиливает восточную периклиналь Киргизского хребта.▲



**Рис. 5.16.7.** Дугообразное (в плане) изогнутие одной из стен в Северном городище Сары-Булун. Вид на ЮВ. Понятно, что древние строители не могли построить стену так неровно. Скорее всего, стена изогнулась из-за сейсмических колебаний, направленных перпендикулярно ее простираению.▲



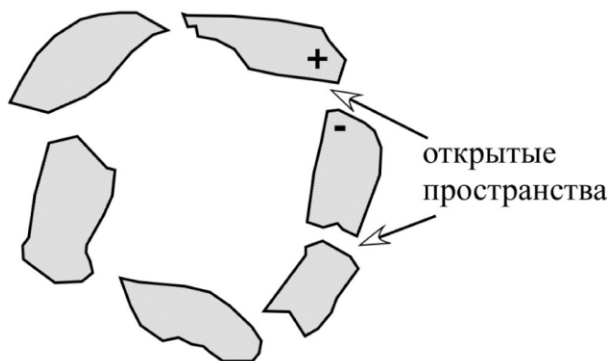
**Рис. 5.16.8.** Обрушение фрагментов стены меридионального простирания в западном направлении. Вид на юг. На заднем плане – горы Бозбармак. ◀



**Рис. 5.16.9.** Трещины на всю высоту сохранившихся стен обоих простираний в Северном городище Сыры-Булун. Вид на ЮЮВ. ◀

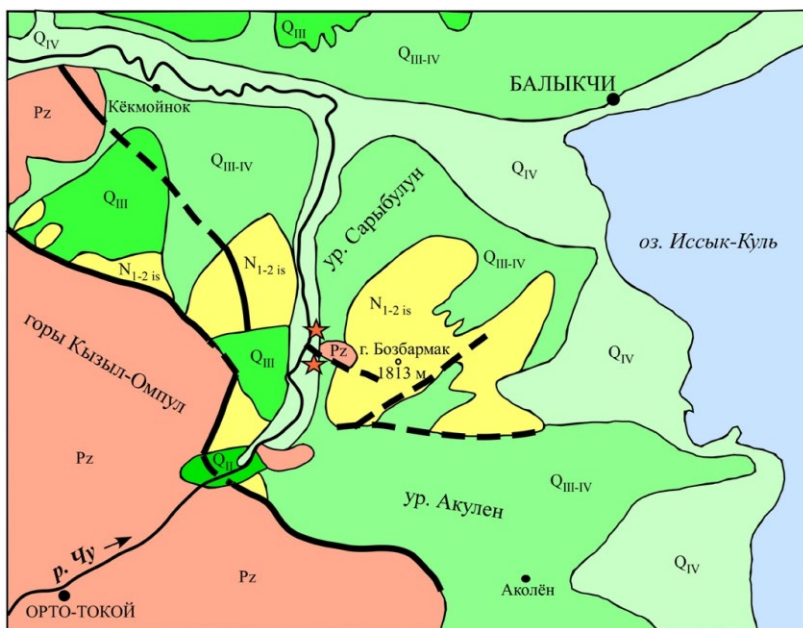


**Рис. 5.16.10.** Систематическое проявление трещин (показаны стрелками) в приугловых частях стен меридионального простирания. Южная анфилада помещений городища Сары-Булун Северное. Вид на ЗЮЗ. Полоса богатой растительности – река Чу. Далее – пролювиальные конусы выноса, спускающиеся к реке с массива Кызыл-Омпул (Киргизского хребта). ◀



**Рис. 5.16.11.** Деформация железоплавильной печи в городище Сары-Булун Северное (схематическая зарисовка). Камни, слагающие печь, находятся на разном уровне друг относительно друга; между ними имеются открытые пространства. ◀





**Рис. 5.16.12.** Схематическая выкопировка с геологической карты 1:200 000 масштаба [Помазков, 1968]. Жирные черные линии – разломы, звездочки – места расположения Сары-Булунских городищ. ◀

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нашими исследованиями на городищах Сары-Булун был выявлен ряд сейсмических деформаций, которые однозначно свидетельствуют об их сейсмогенной природе: наклоны, выдвигания, обрушения и латеральные изгибы стен, а также протяженные трещины в приугловых частях зданий.

Возраст сейсмического события – конец XII в. – начало XIII в. н.э. XII веком датируются самые молодые артефакты, найденные на территории городищ.

Судя по степени разрушений, сила древнего землетрясения была не менее  $I \geq VIII$  баллов по шкале МСК-64.

Источником сейсмических колебаний, по-видимому, являлся один из разрывов, осложняющих активную антиклинальную структуру Боз-Бармак, на западной периклинали которой расположены исследованные городища.

В свое время поселения Сары-Булун являлись одним из крупнейших металлургических центров Иссык-Кульской котловины и, поэтому, имеют большое значения для изучения производственных процессов в средние века. На изученных поселениях необходимо срочно проведение реставрационных работ, так как они имеют большую историческую и культурную ценность. Поселения Сары-Булун так же могли быть интересны для туристов, приезжающих в Кыргызстан.



**Рис. 5.16.13.** Сейсмоуступ ЗСЗ простираения, проходящий между Северным и Южным городищами Сары-Булун. Вид на восток. Видно взброшенное ССВ крыло разрыва – вертикальные стенки. ▲

**Рис. 5.16.14.** Пороги на р. Чу в месте ее пересечения сейсмоуступом. Вид на север. На дальнем плане – хребет Кунгей Ала-Тоо. ▲

## ГЛАВА 6.

## СЕЙСМОГЕННЫЕ КОНВОЛУЦИИ В ДРЕВНИХ ОЗЕРНЫХ ОСАДКАХ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ

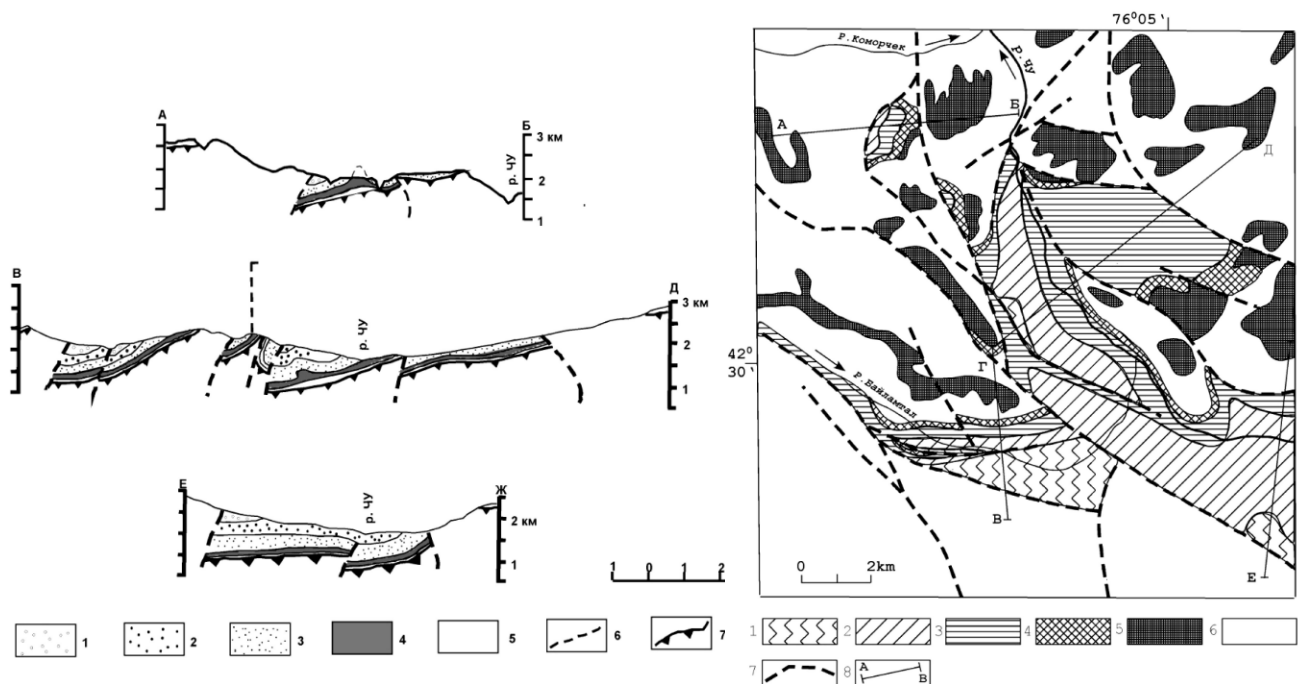
## ВВЕДЕНИЕ

Деформационные структуры в рыхлых осадках – обычное явление в неуплотненных и водонасыщенных песках, переслаивающихся с алевритами или глинами. Они описаны во многих статьях в различных седиментационных обстановках, в частности, в озерных слоях [Hempton and Dewey, 1983; Tinsley et al., 1985; Anand and Jain, 1987; Scott and Price, 1988; Calgue et al., 1992; Rodriguez-Pascua et al., 2000]. Рыхлые осадки описываются как потерявшие прочность из-за того, что они становятся разжиженными [Lowe, 1975]. Во многих случаях деформации были приписаны сотрясениям 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 эти деформационные структуры в отложениях как свидетельства палеосейсмичности, продлить вглубь тысячелетий запись сейсмической активности. Целью наших исследований 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.

## 6.1. ПОЛУЧЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Нами была изучена территория так называемой Кок-Мойнокской впадины, которая находится на западе Иссык-Кульской котловины (рис. 6.1а, б). В структурном отношении Кок-Мойнокская впадина представляет собой асимметричную грабен-синклиналь северо-западного простирания. Ее северо-восточное пологое крыло переходит в смежное крыло Кунгейской мегантиклинали. Юго-западное крыло структуры нарушено серией взбросов, по которым происходит контакт впадины и ее горного обрамления – Киргизской мегантиклинали.



**Рис. 6.1.** Карта распространения палеоген-неогеновых отложений Кок-Мойнокской впадины и ее горного обрамления (а) и разрезы к геологической карте (б) (по данным [О.К. Чедия и др., 1973], с изменениями). Карта: 1 – шарпылдакская свита, 2 – чуйская свита, 3 – шамсинская свита, 4 – сулутерекская свита, 5 – доорогенная денудационная поверхность, 6 – домезозойские образования без расчленения, 7 – разломы, 8 – линии геолого-геоморфологических разрезов. Разрезы: 1 – шарпылдакская свита, 2 – чуйская свита, 3 – шамсинская свита, 4 – сулутерекская свита, 5 – домезозойские образования без расчленения, 6 – разломы, 7 – преорогенный пенеплен.▲

Обособление Кок-Мойнокской впадины в пределах обширной синклинали структуры, существовавшей в месте схождения Киргизской, Кунгейской и Терской мегантиклиналей, началось в конце плиоцена и наиболее интенсивно протекало в среднечетвертичное время [Язовский и Феокистов, 1973].

Среди кайнозойских отложений в Кок-Мойнокской впадине присутствует весь спектр молассовых накоплений, характерный для больших смежных впадин - Иссык-Кульской и Чуйской. На предороженный пенеплен конформно ложатся преимущественно мелкообломочные осадки сулутерекской ( $K_2 - Pg_2$  st) и (выше) шамсинской ( $Pg_3 - N_1$  šm) свит, а также двух свит тянь-шаньского орогенического комплекса, представленного чуйской ( $N_{1-2}$  čs) и шарпылдакской ( $N_2 - Q_1$  šr) свитами, залегающими одна на другой.

Исследованный нами район находится в западной части Иссык-Кульской впадины: в районе разворота реки Чу на запад в сторону Чуйской долины. Здесь по обоим склонам долины реки наблюдаются выходы переслаивающихся тонких озерных осадков и грубых аллювиальных и пролювиальных отложений. Проведенные ранее исследования ученых из Киргизии [Язовский и Феокистов, 1973; Григина, 1973; Чедия и др., 1973] указывали на существование здесь в среднем плейстоцене залива озера Иссык-Куль, к этому же времени было отнесено и отложение упомянутых выше озерных отложений. Возраст осадков определялся по палинологическому и биостратиграфическому методам.

Однако, сотрудниками Института географии РАН [Степленков, 1992] в указанных озерных отложениях были отобраны пробы на определение их радиоуглеродного возраста, датирование которых дало следующие результаты:  $26\ 100 \pm 600$  лет назад (ИГАН-616) и  $32\ 390 \pm 1\ 780$  лет назад (ИГАН - 971). Нам представляется, что эти данные заслуживают большего доверия. К сожалению, российские авторы не указали, в какой части Кок-Мойнокской озерной толщи были отобраны упомянутые пробы.

Итак, позднеплейстоценовые озерные отложения Кок-Мойнокской впадины представлены, в основном, светлыми суглинками, супесями и песчаными слоями. Эти отложения переслаиваются с горизонтами грубообломочного плохоекатанного гравия (а также дресвы, гальки, щебня, отломов) пролювиального происхождения. В них врезаны речные долины с аллювием позднеплейстоценового и голоценового возраста. О принадлежности озерных осадков Кок-Мойнокской впадины к древнему Иссык-Кулю свидетельствует наличие типичных иссык-кульских остракод в нижних частях озерного разреза [Григина, 1973].

Экстенсивные съемочные работы были проведены вдоль побережья озера Иссык-Куль и его озерного клифа для локализации деформационных структур. Детальное картирование отложений разновозрастных озерных террас было проведено на пяти участках: в устьях рек Актерек, Ирдык, Каракол, в пляжной зоне мыса Чоктал, в районе села Тоссор. В Кок-Мойнокской впадине был изучен разрез озерных осадков, сохранившийся на правом склоне долины р. Чу, напротив устья р. Байламтал.

Абсолютные высоты всех Иссык-Кульских и Кок-Мойнокского разрезов были привязаны к современному уровню озера или реки Чуй посредством нивелировок лазерным тахеометром. В каждой точке наблюдения было произведено систематическое описание стратиграфических колонок. Следующие седиментационные характеристики были описаны в деталях: текстура, включая размер зерен; окатанность и сортировка; мощность и регулярность в напластовании, линзообразные особенности; цикличность в напластовании; косая слоистость; микроструктуры и косая микрослоистость. Измерялись следующие параметры деформационных структур: их размер и геометрические характеристики, включающие толщину и длину, симметрию, форму, степень проникновения и изоляции, контакты на подошве и кровле пласта, структурный градиент, состав вмещающего слоя и латеральную протяженность.

Пятнадцать образцов для люминесцентного датирования были отобраны из пяти разрезов, четырех – вдоль южного побережья и один на северном берегу оз. Иссык-Куль. Во всех случаях, датируемые слои сложены очень мелкозернистыми (до тонкозернистых) песками. Образцы обычно отбирались выше и ниже деформированных слоев для того, чтобы оптимизировать охват деформационных событий. Образцы собирались под плотным черным тентом из углублений, выкопанных в стенке обнажения, и немедленно помещались в черные светонепроницаемые полиэтиленовые мешки. Вся последующая лабораторная обработка образцов выполнялась д-ром Наоми Порат в Люминесцентной лаборатории Геологической службы Израиля (Иерусалим) под оранжевым неактивным светом.

Из основания субэарального комплекса разреза Тоссор были отобраны раковины гастропод для датирования  $^{14}C$  абсолютного возраста методом AMS. Непосредственно датирование проводилось в Радиоуглеродной лаборатории г. Познань (Польша, руководитель профессор Tomasz Goslar).

**6.2. ОСНОВНЫЕ СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ФАЦИАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ ДЕФОРМИРОВАННЫХ СЛОЕВ**

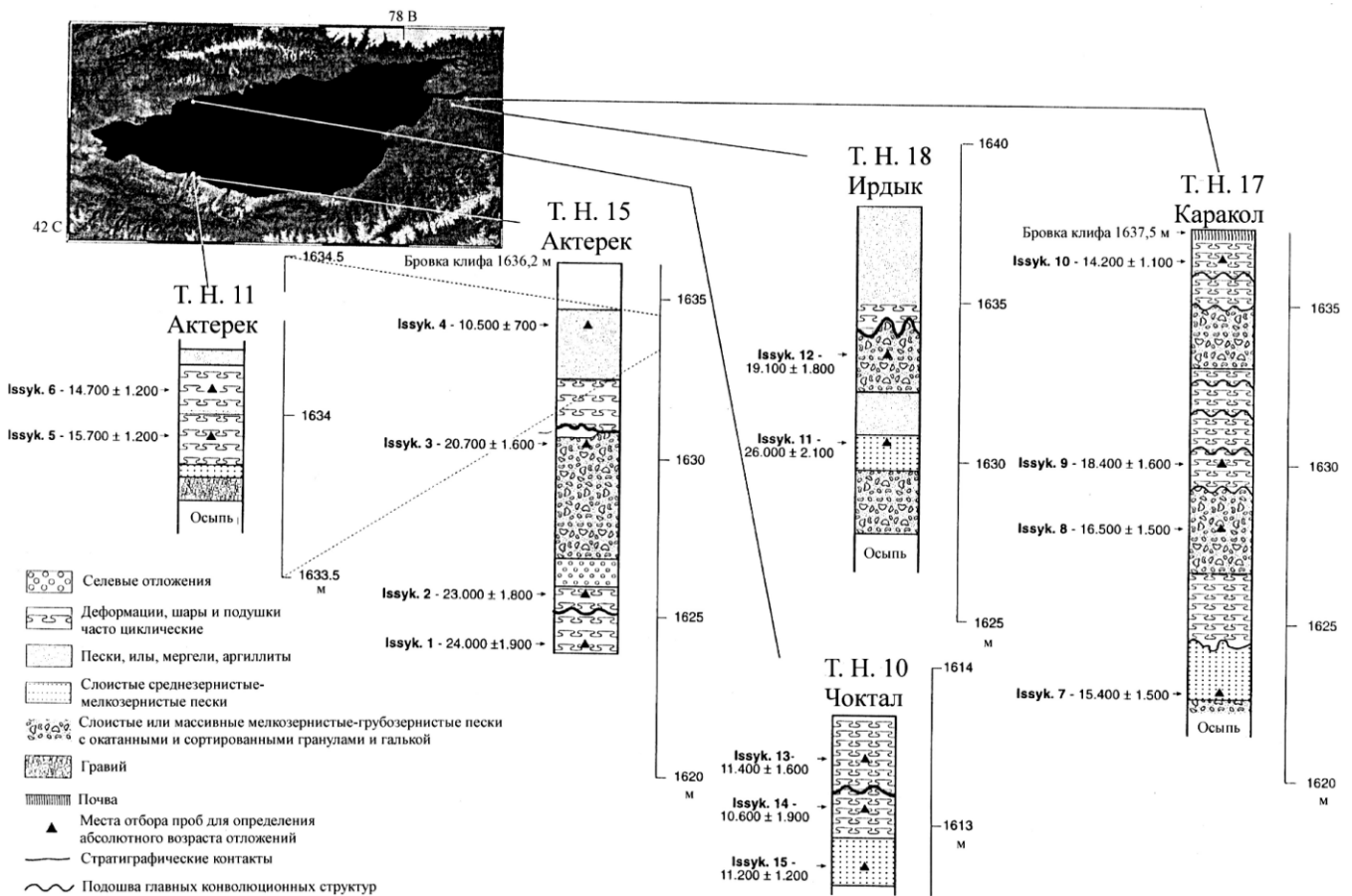
В изученных разрезах на побережье Иссык-Куля (рис. 6.2.1) представлено чередование хорошо стратифицированных или слоистых песков, алевролитов, глин и песчано-галечных слоев, часто демонстрирующих волнистое напластование, иногда косую слоистость, передовое залегание, а иногда массивное напластование. Сортировка хорошая. Моллюски и включения гидроокислов железа лагунно-озерного происхождения описывались и ранее [Марков, 1971]. Подобное циклическое напластование глин, алевролитов и песка, часто с линзами и прослоями галечников, указывают на динамические фациальные флюктуации между мелководными озерными – пляжными – и флювиальными обстановками. Следующие главные характеристики наблюдались в изученных разрезах (рис. 6.2.1).

**АКТЕРЕКСКИЙ РАЗРЕЗ (ТОЧКА НАБЛЮДЕНИЯ 11)**

Гравийный слой перекрывается тонкослоистым песком с микроволновой косой слоистостью, переслаивающейся со слоистыми глинами (образцы Issyk. 5; 1633.9 м, и Issyk. 6; 1634.1 м). Изученный разрез предполагает трансформацию от пляжных (флювиальных) фаций до мелководных озерных условий. Имеются два деформированных слоя на различной высоте над уровнем озера.

**АКТЕРЕКСКИЙ РАЗРЕЗ (ТОЧКА НАБЛЮДЕНИЯ 15)**

Переслаивание песчано-илистых слоев (образец Issyk.1, 1624.5 м) огрубляется вверх по разрезу до песчанистых гранул и галек (образец Issyk. 2, 1625.5 м). Выше располагается массивный илистый слой грязевого потока, перекрытый хорошо стратифицированным слоистым рыхлым песком с хорошо сортированной и окатанной галькой, падающий под углом 8° в север-



**Рис. 6.2.1.** Главные разрезы, изученные вдоль побережья оз. Иссык-Куль (по [Bowman et al., 2004], с изменениями). Показаны деформации в рыхлых осадках, возрасты и подошвы наиболее значительных деформационных горизонтов. Показаны только хорошо выраженные деформационные структуры. ▲

ном направлении (образец Issyk. 3, 1630.2 м) и косослоистый по отношению к подстилающему слою. Разрез венчает мергелисто-илистый песок (образец Issyk. 4, 1634.2 м). Два деформированных слоя расположены на различных высотах.

#### Ирдыкский разрез (точка наблюдения 18)

Запесоченная галька перекрыта переслаивающимися волнистыми слоями тонкого и крупнозернистого песка (образец Issyk. 11; 1630.8 м), выше располагаются слоистые и массивные, а также галечниковые-гранулярные пески (образец Issyk. 12; 1633.5 м). Ирдыкский разрез перекрыт слоем белесого аргиллита и включает деформированный горизонт у его подошвы.

#### Чоктальский разрез (точка наблюдения 10)

Он сложен переслаивающимся тонкослоистым песком и илистым алевритом (образцы Issyk 15, 1612.7 м; Issyk 14, 1613.1 м; Issyk.13, 1613.4 м), включающим два деформированных горизонта.

#### Каракольский разрез (точка наблюдения 17)

Нижняя часть разреза представлена песчано-галечным слоем, резко перекрытым слоистым волнистым песком (образец Issyk. 7, 1622.5 м). Выше, через неровный контакт следует деформированный белесый аргиллит, резко перекрытый хорошо слоистым песком с гранулами и мелкой галькой (образец Issyk. 8, 1628 м). Перекрывающий слой тонкого песка со знаками мелкой ряби и кривой слоистости (образец Issyk. 9, 1630 м) деформирован. Таким образом, имеются пять перекрывающих слоев, включая самый верхний горизонт из ила и запесоченных галек (образец Issyk.10, 1636.4 м). Каракольский разрез включает семь деформированных слоев.

#### РАЗРЕЗ ТОССОР

Исследуемый участок расположен на западной окраине с. Тоссор (7.2.2, 7.2.3). Здесь был обследован разрез тюпской (раннеголоценовой, по [Алешинская и др., 1971]) террасы абсолютной высотой 1630 м над уровнем моря. Выполненные исследования позволили составить и охарактеризовать сводный разрез отложений, вскрытых в изученных оврагах на глубину более 10 метров (рис. 6.3.4). Разрез террасы представлен преимущественно прибрежно-озерными отложениями, которые в верхней части сменяются субаэральными образованиями.

Верхняя часть разреза представлена субаэральными лессовидными суглинками палевого цвета, мощность которых достигает 1.7 м. AMS датирование раковин гастропод, отобранных из основания пачки суглинков, дало возраст  $10120 \pm 50$  BP (Poz-66206), калиброванный - 11840 – 11610 BP. Ниже по разрезу они сменяются песчано-галечными отложениями, мощность ко-



Рис. 6.2.2. Схема расположения участка изучения сейсмиков в береговых разрезах отложений оз. Иссык-Куль.▲

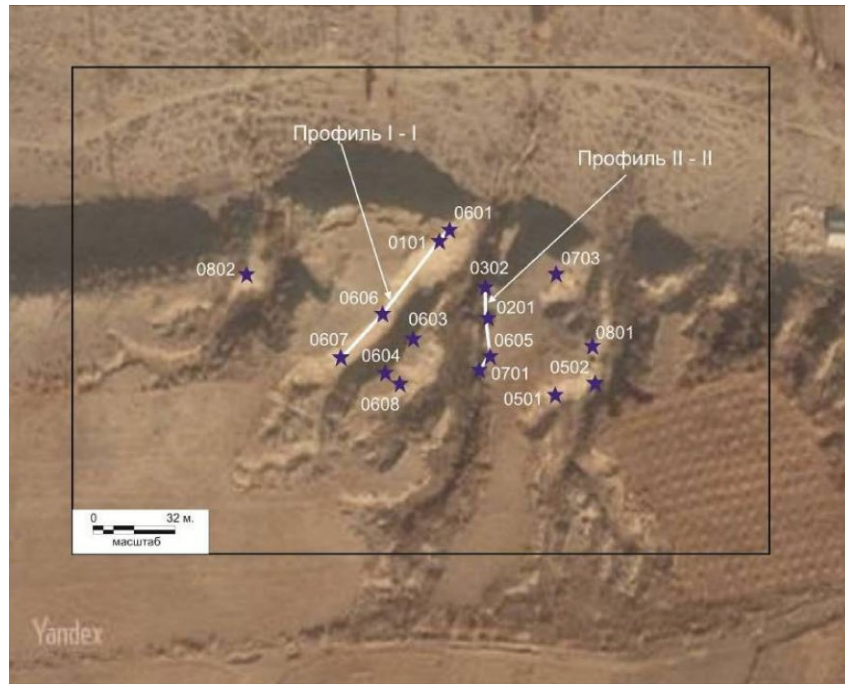
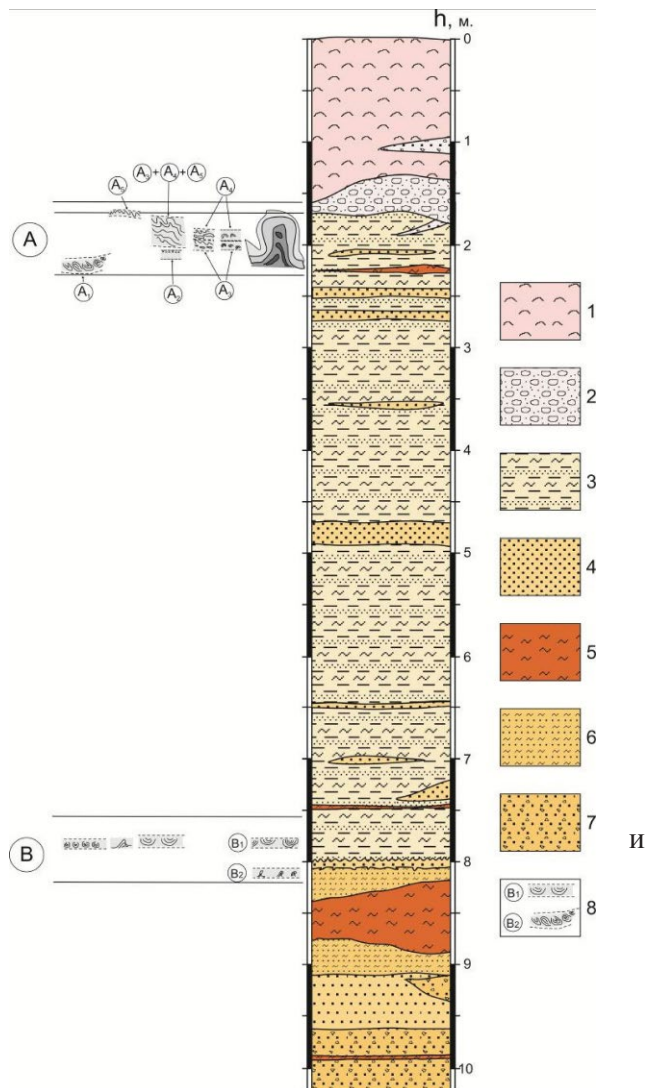


Рис. 6.2.3. Схема расположения точек наблюдений и их номера на участке работ. ▲

Рис. 6.2.4. Общее строение разреза Тоссор, вскрытого оврагами на участке работ. 1 – субазральные песчано-глинистые отложения; 2 – песчано-галечные отложения; 3 – переслаивание мелко- и тонкозернистых песков, алевритов и глин. Часто косая слоистость, следы ряби и волн; 4 – песок средне-крупнозернистый; 5 – глины; 6 – переслаивание мелкозернистых песков и алевритов; 7 – песок средне-крупнозернистый; 8 – интервалы и горизонты проявления деформационных структур.▶

торых варьирует от 0.1 до 0.5 м. Далее до глубины 7.9 м наблюдается переслаивание мелкозернистых песков, алевритов и глин. Среди них присутствуют слои и линзы серого средне-крупнозернистого песка мощностью от первых сантиметров до 0.3 м. В песчаных и алевритовых слоях часто проявлена косая слоистость, а также следы волновой деятельности (6.2.5). В интервале 8.1 – 9.2 м наблюдается переслаивание мелкозернистых песков алевритов, между которыми фиксируется слой глины зеленовато-серой, плотной, мощностью 0.4 – 0.7 м. Еще ниже находится слой крупнозернистого песка мощностью до 0.5 м и, наконец, в основании разреза - песчано-гравийные отложения (видимая мощность до 0.5 м) с маломощным прослоем глины.



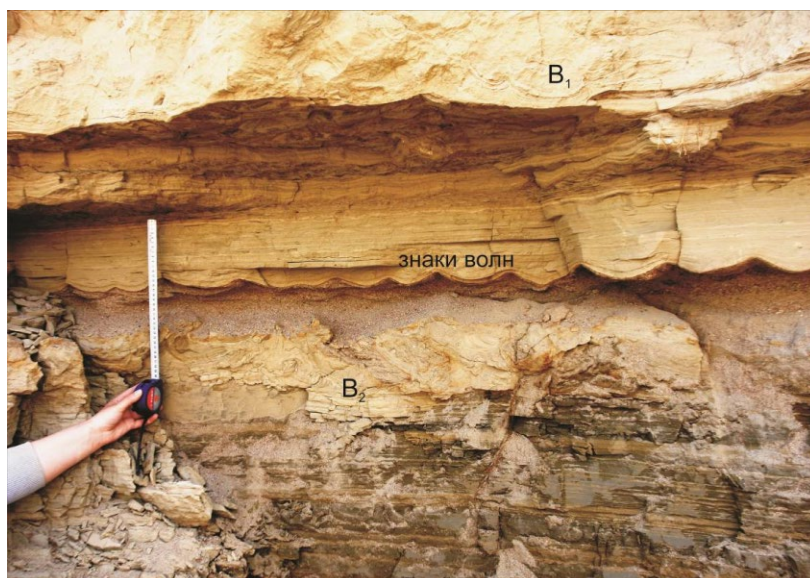


Рис. 6.2.5. Волноприбойные знаки в песчаном слое разреза Тоссор на глубине 7.9 м.▲

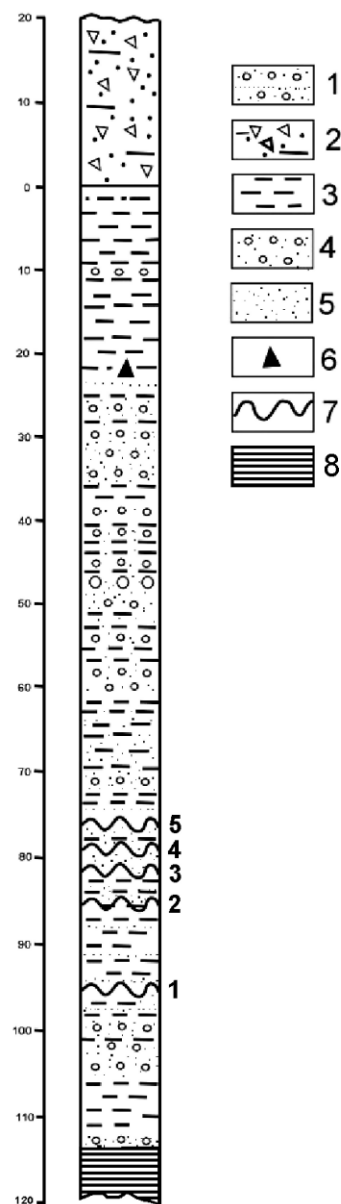
#### РАЗРЕЗ КОК-МОЙНОКСКОЙ ВПАДИНЫ

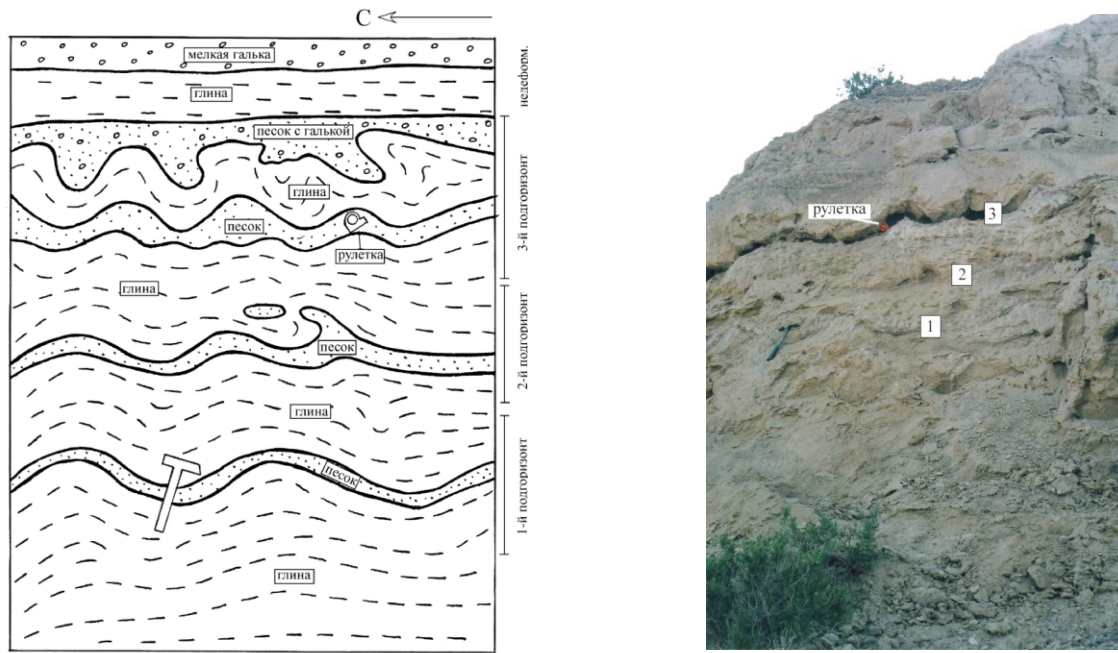
Обследованный разрез в Кок-Мойнокской впадине представлен чередованием хорошо стратифицированных слоистых песков, алевритов, глин и песчано-галечных слоев. Все эти отложения характеризуются широко развитыми текстурами волнистой слоистости, иногда с массивной однородной текстурой. Сортировка хорошая. Циклический характер переслаивания алевритов, глин и песка, часто с галькой, указывает на динамические фациальные флуктуации между мелководными озерными, пляжными и аллювиальными обстановками. Нами был детально изучен разрез озерных отложений, расположенный на правом склоне долины реки Чу, напротив устья ее левого притока - реки Байламтал (рис. 6.2.6).

#### 6.3. СЕЙСМОГЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ В ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КОК-МОЙНОКСКОЙ ВПАДИНЫ

В 126-метровой толще осадков озерного и аллювиально-пролювиального генезиса Кок-Мойнокского разреза встречено пять слоев отложений, содержащих сейсмито-подобные структуры (см. рис. 6.2.6). Самый нижний горизонт с сейсмито-подобными деформациями встречен в 17 метрах по разрезу выше кровли палеоген-неогеновых красноцветов, подстилающих четвертичную толщу. Здесь располагается слой глин мощностью в 3 м с прослоями песка толщиной 3-10 см. В этом слое имеются три песчаных прослоя, содержащих конволютные структуры (рис. 6.3.1а, б).

Рис. 6.2.6. Стратиграфическая колонка озерных накоплений в Кок-Мойнокской впадине по данным О.М. Григиной [1973] с добавлениями: 1 – галечники, 2 – пролювиальные отложения, 3 – суглинки и глины, 4 – гравелиты, 5 – песок, 6 – местонахождение фаунистических остатков, 7 – горизонты сейсмиков, 8 – отложения киргизской свиты (Pg3 – N1 kr). ▶





**Рис. 6.3.1.** Первый (нижний) горизонт с сейсмитоподобными структурами: а - схематическая зарисовка обнажения - слоя глин с тремя конволутивными подгоризонтами; б - фотография обнажения деформированных глин. Цифры указывают на деформированные прослои песка. Отметим высыпание рыхлого крупнозернистого песка в верхнем прослое (3). В результате высыпания образовались негативные протяженные мульды – прекрасный индикатор для рекогносцировочного выявления сейсмитоподобных структур.▲

1. В средней части слоя глин прослой песков имеет волнообразную форму. Длина “волны” обычно составляет 80-100 см, высота - 20-25 см. После замеров 18 соседних волн, нами было установлено, что все они являются асимметричными - севервергентными. Так, например, длина южного крыла одной из волн 40 см, а длина северного крыла - 25 см. Деформированный прослой находится в 1.2 м ниже кровли слоя глин. Выше этого прослоя песков слой глин не деформирован. 2. В 95 см ниже кровли слоя глин развит второй прослой мелкозернистых песков с волнообразной структурой. Длина волн этого прослоя составляет 30-56 см; высота волн не превышает 10 см. Хотя эти волны имеют меньшую размерность, чем описанные выше, они также имеют северную вергентность. Гребни некоторых волн иногда имеют форму лежащих антиклиналей. В отдельных случаях части гребней антиклиналей оторваны и образуют изолированные линзовидные капли.

3. В 50 см ниже кровли слоя глин имеется еще один прослой рыхлого песка средней мощностью около 10 см. Кровля деформированного прослоя имеет волнисто-бугристую нерегулярную поверхность. В отдельных местах видно пережимание песчаного прослоя слоем глин. Мощность прослоя составляет всего 3 см. В ряде мест отмечаются раздувы песчаного прослоя до 25 см. Длина волн в кровле деформированного прослоя составляет 15-35 см, высота - до 25 см. Как уже упоминалось выше, песок, выполняющий прослой, очень рыхлый. В связи с этим, имело место высыпание рыхлого песка из стенки естественного обнажения и в настоящее время прослой, затронутый конволюциями, имеет негативный рельеф (рис. 6.3.1). Подошва деформированного прослоя также имеет волнистую форму. Ширина волн 10-30 см, высота 3-10 см. Деформациями оказался захвачен не только описанный прослой песчаника, но и отложения глин, расположенные выше кровли песчаного прослоя. В деформацию вовлечены и глинистые гравелиты, расположенные еще выше.

Таким образом, верхняя часть слоя глин мощностью 145 см представляет собой деформированную зону. Однако сформирована она была во время трех независимых, но сближенных во времени деформационных событий, о чем свидетельствует уменьшение степени деформации отложений между описанными песчаными прослоями, содержащими хорошо выраженные сейсмитоподобные конволюции. Латеральное простираение слоя с деформациями удалось проследить на протяжении 50 м вверх по руслу сухого ручья, далее к северу слой погружается под пролювиальные отложения.



Второй снизу горизонт конволюций (см. рис. 6.2.6) представлен чередованием маломощных слоев мелкой гальки, песков и глин. Здесь трудно определить принадлежат ли наблюдаемые деформации одному событию или нескольким сближенным во времени событиям. 1. Первый снизу слой конволюций представлен взаимопроникновением друг в друга среднезернистого песка остаточной мощностью 5-10 см (снизу) и слоем глины (сверху). Общая мощность деформированного слоя составляет 75 см. Он подстилается в нижней части недеформированным слоем галечника с разнозернистым песком и гравием. Обнаруженные конволюционные структуры представляют собой выжатые вверх песчаные “прожилки” (наклонные столбики?), а между ними расположена глинистая масса с четкими текстурами внедрения вниз. Выжатые столбики отстоят друг от друга на расстоянии 20-45 см и могут достигать по высоте 90 см. Подобные структуры уже наблюдались авторами в 1998 г. в стенке сухого сая близ села Кошкель на СЗ побережье оз. Иссык-Куль [Корженков и др., 1999]. Тогда эти структуры получили рабочее название “выпрыгивающие змеи” (рис. 6.3.2).

2. Описанный выше первый слой конволюций переходит вверх по разрезу в слой, представленный переслаиванием разнообломочных гравелитов, галечников и мелкозернистых песков общей мощностью 46 см. Деформации видны по трем галечным слойкам, расположенным друг над другом (рис. 6.3.3). Здесь деформации кровли и подошвы также выражены в волнистых слоях, сложенных песком и мелкой галькой, изгибы которых хорошо видны в переслаивающих гальку глинах. Мощность слойков 3-10 см. Они разделяются слоями массивных глин мощностью 20-30 см. Длина волн в конволюционных слоях достигает 30-33 см, амплитуда - до 24 см. Слои гальки с песчаным заполнителем рыхлые: в них также иногда образуется негативный рельеф в стенке обнажения (НР на рис. 6.3.3). Нижний галечный прослой в отдельных местах в подошве имеет волнообразную форму в виде карманов и “отделившихся” карманов (К и ОК на рис. 6.3.3), размером до 20×20 см. Нами был произведен замер галек, вовлеченных в движение: максимальный размер составил 2 см. Петрографический состав галек: граниты, ороговикованные породы.

3. Выше по разрезу имеется еще один деформированный слой, напоминающий слой, расположенный внизу описываемого горизонта. Здесь также выжатыми вверх оказались фрагменты прослоя песков, окруженные расположенной выше массивной глиной. Столбики песка выжаты на высоту до 25 см, их ширина достигает 10 см, расстояние между столбиками 10-25 см. Все столбики наклонены в северном направлении, в верхней своей части они выполаживаются и имеют каплевидную форму (рис. 6.3.3). Иногда можно наблюдать отрыв “капли” от тела столбика. Границы столбиков и отделившихся капель имеют микроволнистую форму, вдоль границ наблюдается тонкая корка карбонатных пород. Выше третьего слоя капель находится слой глин в нормальном, ненарушенном залегании, его мощность - около 20 см.

Выше описанного 2-го горизонта с конволюциями имеется 3-й массивный горизонт, представленный чередованием песчаных и глинистых прослоев. Он также содержит деформационные структуры, его мощность составляет 125 см. Вверху горизонт перекрыт недеформированным галечным слоем. Та же картина и внизу: конволюционный горизонт имеет нормальный ровный контакт с ненарушенным слоем галечника.

В описываемом горизонте имеются 3 конволюционных слоя, интересной особенностью которых является деформация только их кровли, в то время как их подошва не деформирована (рис. 6.3.4). Слои песка волнообразно выжимаются вверх - в слой глины, которые погружаются вниз. Средняя длина волны 12 см, высота 5 см. Этим волнам, как и описанным выше конволюциям присуща северная вергентность. Расстояние между песчаными прослоями варьирует от 7 до 50 см.

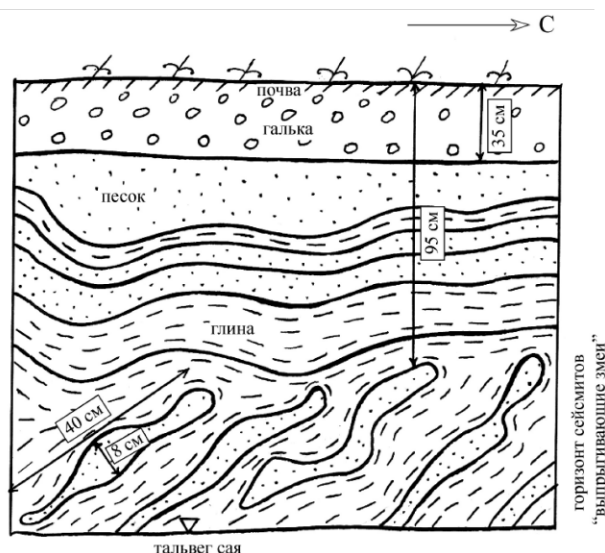
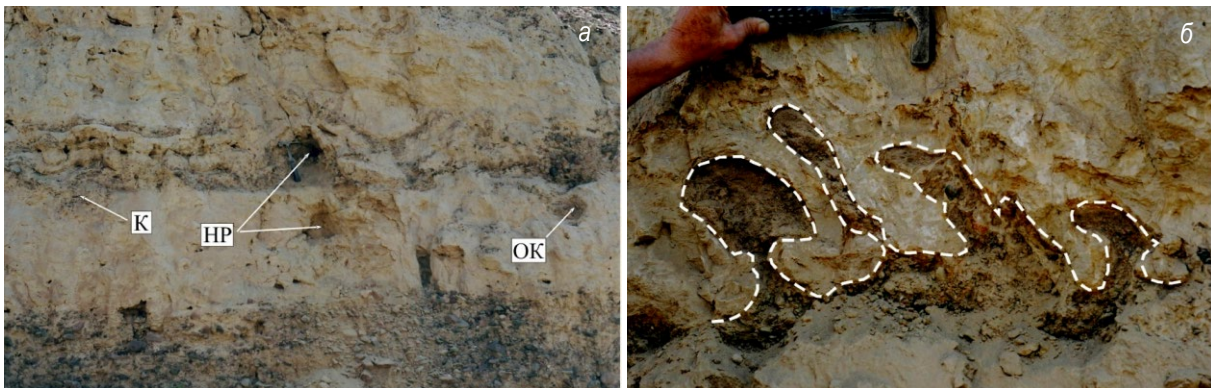
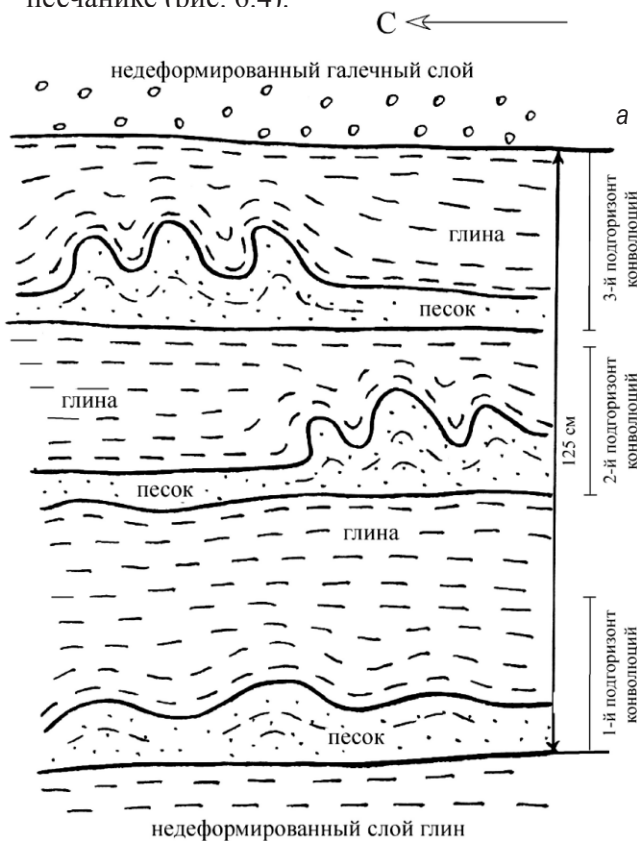


Рис. 6.3.2. Сейсмогенные конволюции, получившие рабочее название “выпрыгивающие змеи”, в голоценовых озерных осадках оз. Иссык-Куль. Схематическая зарисовка обнажения по правому склону сухого сая близ с. Кошкель.

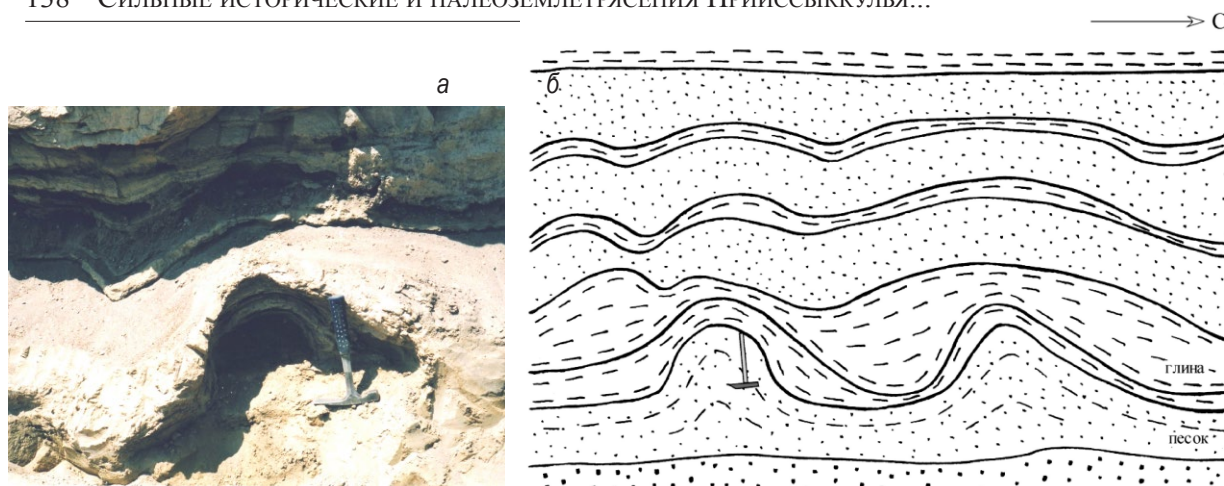


**Рис. 6.3.3.** Второй горизонт деформаций Фото А.М. Корженкова, 2002 г.: а - 2-й подгоризонт конволюций. К – галечный карман в нижележащем слое глины, НР – негативный рельеф (мульды), образовавшиеся в местах выпадения рыхлой гальки, ОК – отделившийся карман отложений, принадлежавших ранее вышележающему галечному прослою; б - верхний (3-й) подгоризонт конволюций. Выжимание вверх песчаного слоя в расположенный выше массивный слой глины

При продвижении вверх по руслу сухого ручья (в северном направлении), наблюдается увеличение мощности описанного выше горизонта с конволюциями до 2.3 м. Подошва перекрывающего слоя галечника становится неровной с карманами, местами отмечается фациальное замещение галечника глинами. В верхней части горизонта появляется слой плотного грубозернистого песчаника серого цвета с желтовато-зеленым оттенком. Средняя мощность песчаников 35 см. Они имеют прерывистое распространение по латерали: фрагменты этого песчаного слоя имеют сложную изометричную форму. Контакт подстилающих глин и песчаников, в целом, волнистый, иногда прорванный нагнетенными снизу глинами. Ширина разрывов достигает 60 см. Расстояние между единичными прорывами до 190 см. Глины, прорывающие песчаник, в разрезе образуют форму грибов. Высота одного из таких грибов 35 см, ширина “шляпки” 60 см. Структура гриба в целом дивергентна, но все же есть определенная северная асимметрия. В своем движении вверх глины захватывали небольшие фрагменты песчаникового слоя, так что в составе “гриба”, сложенного глиной, можно обнаружить овальные части слоя песчаников. Контактная граница описываемого слоя песчаников с вышележащими глинами резко - волнистая: высота волн до 21 см, длина до 45 см. Вышележащие глины образуют карманы в сером песчанике (рис. 6.4).



**Рис. 6.3.4.** Третий горизонт сейсмиков, состоящий их трех субгоризонтов: а - схематическая зарисовка обнажения; б - конволюции в форме грибов, образованные на контакте двух слоев: глины и песчаника.



**Рис. 6.3.5.** Четвертый конволютивный горизонт. Волнообразные конволюции, сформировавшиеся в толще переслаивающихся тонко- и среднезернистых песчаников: а - детальная фотография одной из волн; б - схематическая зарисовка обнажения.

На этом участке обнажения контакт глин над серыми песчаниками с вышележащим слоем галечников также становится волнистым. В отдельных местах наблюдается прорыв глин через этот слой галечников. Мощность прорванного галечника 80 см, он выклинивается в южном направлении. Выше залегает слой массивных глин мощностью в 2 м также с конволюционными структурами. В деформацию вовлечены прослои гравелитов и мелкой гальки. Формы, образованные при взаимопроникновении упомянутых слоев, различны: это подушки, грибы, и даже типа поднятого конского хвоста. Контакт слоя массивных глин с прослоями гравелитов и гальки с верхним слоем галечников ровный, непоколебленный.

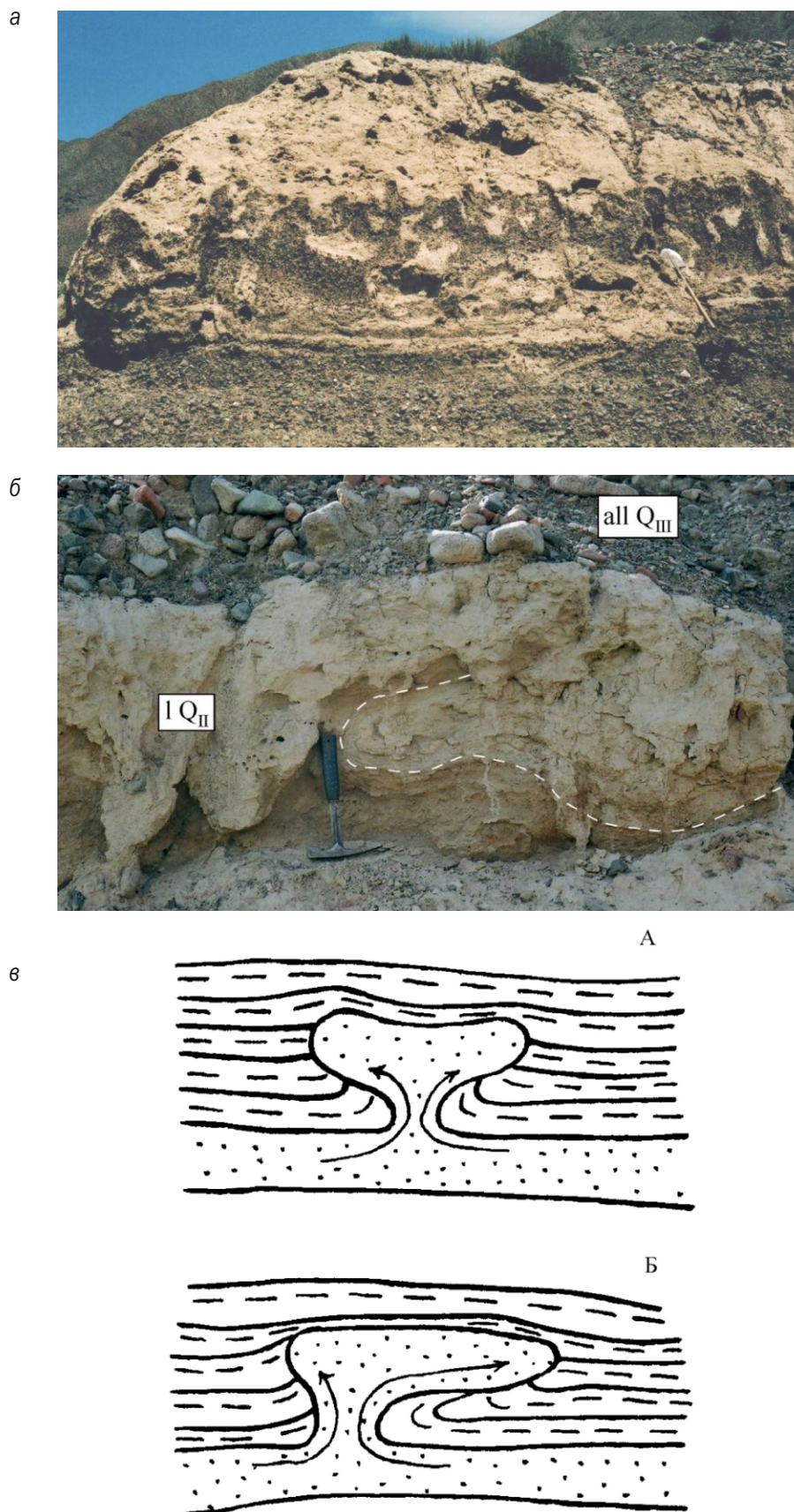
*Четвертый горизонт* конволюций развит в слое, сложенном чередованием маломощных слоев песка и глины. Деформационные структуры сформированы выжиманием вверх мелкозернистого песка (рис. 6.3.5а). В результате движения вверх сформированы волнообразные конволюции: в среднем длина волны 30 см, высота 40 см; максимальная высота нагнетания вверх 50 см. Волны симметричные. В это движение вовлечены и перекрывающие слои песка и глин, однако степень деформации затухает вверх по разрезу. Средняя мощность прослоев глин 3 см, песка - 10 см. Конволюционный горизонт имеет ненарушенный контакт на кровле с перекрывающим слоем массивных глин. Аналогичный ненарушенный контакт конволюционного слоя песков имеется на его подошве с подстилающим слоем глин (рис 6.3.5б).

Следуя вверх по руслу сухого ручья, т.е. выше по обнажению, расположен последний *пятый горизонт* конволюций. Здесь деформированным оказался слой гравийно-галечника, подстилаемый и перекрытый слоями массивных глин. Верхний слой глин имеет эрозионный контакт с позднеплейстоценовым аллювием дна речной долины, врезанной в подстилающую толщу. Нижний слой глин имеет ненарушенный контакт с подстилающим слоем хорошо отсортированного галечника в древесном матриксе мощностью 1.8 м.

Мощность зоны деформации - взаимного проникновения друг в друга глин и гравийного галечника - составляет 2 м. Здесь в движение снизу вовлечен небольшой слой палевых глин, глины выжимаются вверх в галечниковый слой (рис. 6.3.6а). Вверху слой массивных глин внедряется вниз в тот же гравийно-галечниковый слой.

Величина выжимания нижележащих глин наверх достигает кровли галечникового слоя (1.5 м). Слой глин в своем движении наверх отрывался от материнского субстрата и образовывал многочисленные "капли", расположенные на среднем расстоянии в 20 см друг от друга.

Если следовать вдоль стенки обнажения по склону сухого ручья на протяжении 300 м описанный выше состав отложений в конволюционном горизонте фациально замещается на чередование глин и песка. Здесь можно наблюдать латеральное выжимание (лежащие антиклинали) слоев глин с прослойками песка (рис. 6.3.6б). Глины выжаты вверх и по латерали - в слой песчаника, который является вмещающим слоем. Длина ныряющей складки 2 м, мощность вмещающего слоя по простиранию меняется от 40 до 90 см. Песок во вмещающем слое песчаника также был вовлечен в движение: его нагнетание между двумя смежными складками происходило в северном направлении. Сверху горизонт конволюций имеет эрозионный контакт с перекрывающим слоем позднечетвертичного аллювиального валунника р. Чу, внизу - ровный спокойный контакт со слоем мелкого гравийного галечника. Схемы образования лежащих антиклиналей и "подушек" (дивергентных лежащих антиклиналей) можно видеть на рис. 6.3.6в.



**Рис. 6.3.6.** Пятый (верхний) горизонт сейсмитоподобных структур: А - внедрение слоев глин снизу и сверху в гравийно-галечниковый горизонт; Б - фотография фрагмента лежачей антиклинали. Глины выжаты вверх и по латерали - в слой песчаника, который является вмещающим слоем; В - схемы образования лежачих антиклиналей и "подушек" (дивергентных лежачих антиклиналей).

#### 6.4. Сейсмогенные деформации в озерных отложениях Иссык-Кульской впадины

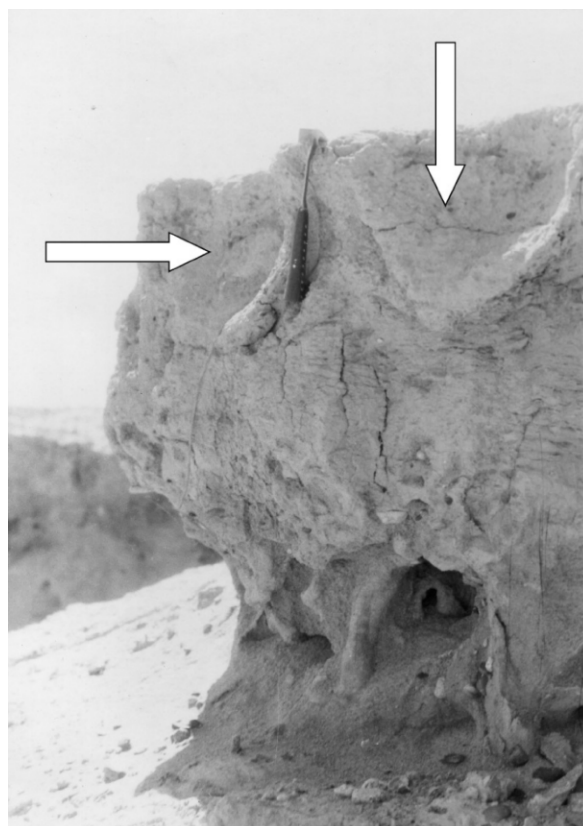
На исследованных участках вокруг озера Иссык-Куль наблюдались следующие главные особенности сейсмогенных деформаций.

1. Псевдо-конкрекции и изолированные шары. Длина этих шаров, сложенных песком или илом, варьирует от 14-18 см в длину и 4-6 см в ширину до 19-50 см в длину до 13-29 см в ширину. Деформации формируют грушевидные структуры, они отделяются гребневидными диапироподобными структурами типа пламени, составляющими грубозернистую рыхлую и нестратифицированную песчаную вмещающую толщу. Первоначальное напластование изогнуто вокруг шаров и параллельно базальной поверхности. Это пронизывающий тип деформаций [Allen, 1977] в верхней части прибрежного клифа (точка наблюдения Актерек 11, рис. 6.4.1; 6.4.2) располагается на почти равных расстояниях в слое, выдержанном по мощности, и часто меняется по простиранию от шарообразных форм до волнистого антиклинального конволюционного напластования. Верхняя часть этих деформационных структур часто резко срезана. Их латеральное простирание ранжирует от десятков до сотен метров, предполагая небольшие вариации в нагрузке.

2. Гигантские шары и "подушки" 0.7-2.1 м длины и 0.3-0.7 м толщины со структурами типа пламени. Эти формы сложены мергелем и илом, они окружены субгоризонтальным песчано-илистым прослойком и находятся в массивном рыхлом песке вмещающего слоя (рис. 6.4.3). Они отличаются по размеру от предыдущей категории и наблюдались в Чокталском разрезе на северном побережье озера. Первичное напластование осталось в большинстве случаев не разрушенным, однако разорванное залегание слоев также отмечалось.

**Рис. 6.4.1.** Вымытые округлые впадины, ранее занятые изолированными песчаными шарами на вершине берегового клифа. Точка наблюдения (т. н.) 15, к востоку от устья р. Актерек-западный.►

**Рис. 6.4.2.** Интрузивные контакты между мергелистыми шарами. Хотя напластование нарушено, но оно сохранилось. Внедренный песок формирует структуры типа пламени. Плоский контакт на кровле конволюционной структуры с перекрывающим слоем означает постдеформационную эрозию перед отложением этого слоя.▼





**Рис. 6.4.3.** Гигантская песчаная “подушка” с плоской срезанной кровлей. Подстилающий слой не деформирован. Клочки бумаги указывают места отбора образцов. Т. н. 10, близ устья р. Чоктал ▲

3. Комплексные и нерегулярно конволюционные слои песка, составляющие пластинчатый слой 40-60 см мощности, окруженный недеформированными слоями, наблюдались в основании разреза Актерек 15 (рис. 6.2.1, высота 1625 м). Они включают (рис. 6.4.4; 6.4.5) вертикальные интрузии и широкомасштабные комплексные опрокинутые складки: дезорганизованные, нерегулярные и хаотические, что может предполагать некоторые горизонтальные смещения. Внутреннее напластование, хотя и искривленное, хорошо сохранилось. Этот слой может быть прослежен по латерали на десятки метров. Он очень отличается от регулярно расположенного “складкообразования” широких синклиналей и выклинивающихся антиклиналей, описанных Cojan and Thiry [1992].



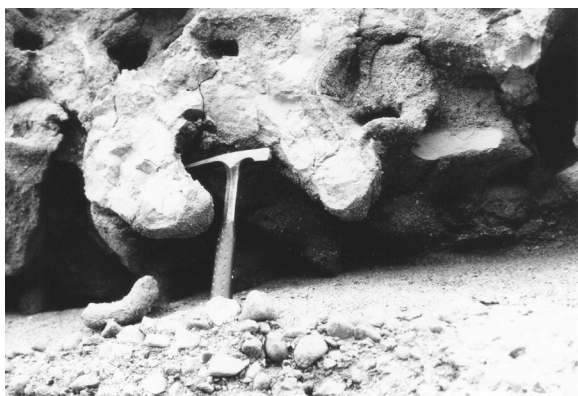
**Рис. 6.4.4.** Крупномасштабные комплексные конволюционные структуры: комбинация шаров и “подушек”. Обратите внимание на срезанную кровлю. Первичное напластование хорошо сохранилось. Т. н. 15, к востоку от устья р. Актерек-западный. ▲



**Рис. 6.4.5.** Деталь рис. 7.2.4.4, слева, близ молотка: комплексное конволютивное напластование с опрокинутыми складками. Фото D. Bowman, 1998 г. ▲

4. Белесые илесто-мергелистые “столбы” 50-60 см высотой, которые внедряются вниз в песок, наблюдались в Ирдыкском и Актерекском разрезах, а также близ устья реки Тоссор (рис. 6.4.6; 6.4.7). Слой, который вмещает “столбы”, состоит из очень тонкого до среднезернистого песка, часто с мелкой косослоистой рябью, переслаивающегося с илом. В других случаях он состоит из массивного грубозернистого песка с хорошо сортированными и окатанными гранулами или небольшими гальками. Глубоко-пронизанный песок выжимается вверх между внедряющимися вниз “столбами” мергеля, некоторые из них имеют изогнутую форму. Верхний контакт песка и ила является совершенно разрушенным.

Слой, содержащий “столбы”, ограничен плоскими верхней и нижней границами. Деформации типа “столбов” четко отличимые от “подушек” и псевдо-конкреций. Это вертикальные, глубоко-перемещенные структуры. Они являются уникальными, будучи рыхлой илесто-мергелистой нагрузкой на кровлю грубого гранулярного песка, который имеет высокую естественную пористость.



**Рис. 6.4.6.** Глубокое проникновение мергелистых “столбов”, проникающих вниз в слой крупнозернистого песка с галькой, последний внедряется вверх. Внутренняя стратиграфия песчаного слоя была совершенно нарушена его разжижением. Изогнутые “столбы” (на рис., т. н. 18 в устье р. Ирдык; (рис. 6.4.7), к западу от устья р. Тоссор) и изолированные мергелистые блоки могут означать латеральное течение песка. ▲



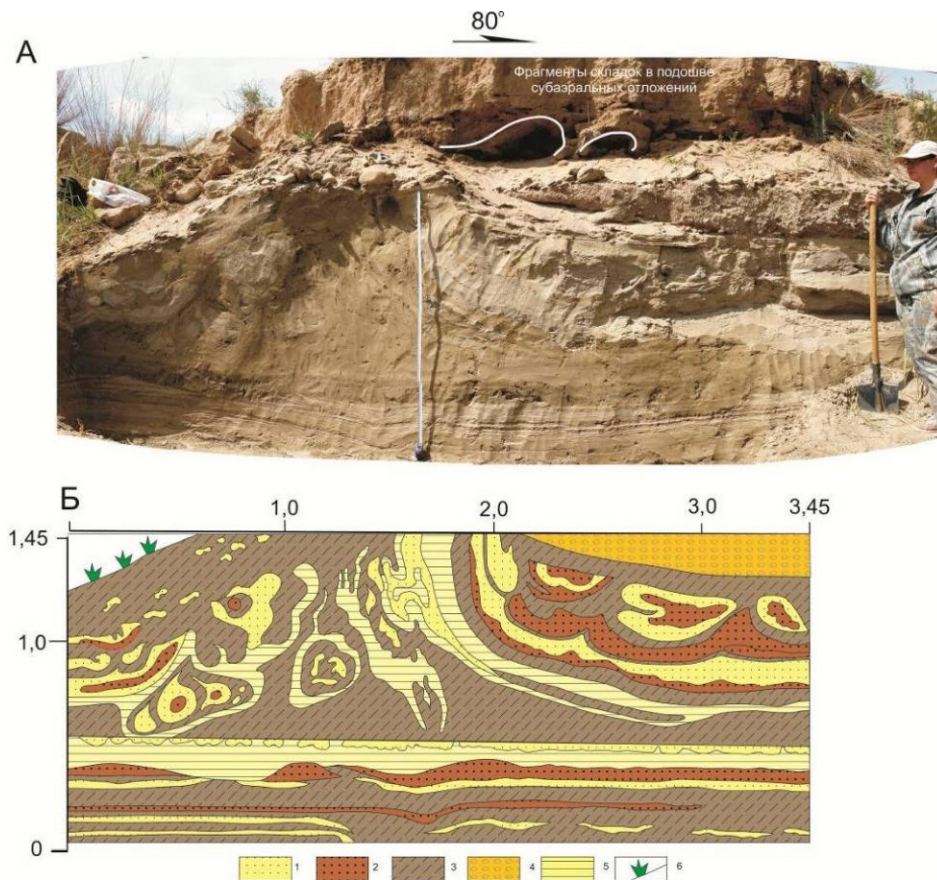
**Рис. 6.4.7.** Глубокое проникновение мергелистых “столбов” вниз в слой крупнозернистого песка с галькой, последний внедряется вверх. Внутренняя стратиграфия песчаного слоя совершенно нарушена его разжижением. Искривление “столбов” (западнее устья р. Тоссор, а также на (рис. 6.4.6), т. н. 18 близ устья р. Ирдык) и изолированные мергелистые блоки могут означать латеральное течение песка. ▲

СЕЙСМОГЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ РАЗРЕЗА ТОССОР

В строении разреза выделяются два интервала (обозначены буквами А и В на рис. 6.2.4), в пределах которых сконцентрированы деформационные структуры. Формы и размеры последних существенно варьируют на различных участках бортов оврагов (саев).

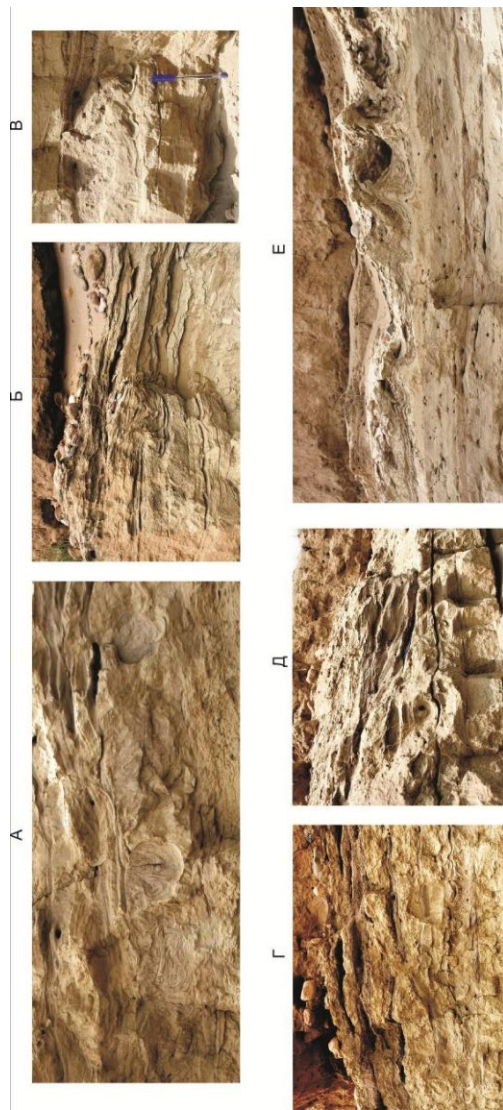
**Интервал А.** В процессе изучения разреза были зафиксированы участки, в пределах которых деформационные структуры охватывают практически всю мощность интервала А. Это, прежде всего, структурные формы, сформированные в результате выжимания алевритового материала, а также будинирования компетентных слоев. В качестве примера можно привести деформации, зафиксированные в т.н. 0501 (рис. 6.4.8), где в зачистке наблюдалась крупная складкообразная структура высотой около 1.0 м. В замковой части указанной складчатой структуры зафиксирован “пережим” песчано-галечного слоя, сопровождающийся проявлением мелких складок в подножии пачки субаэральных отложений (рис. 6.4.8, А).

Кроме участков интенсивных деформаций, в пределах других отрезков изученных бортов оврагов, в интервале А отмечены участки развития более мелких деформационных структур (размерами от первых сантиметров до первых десятков сантиметров), которые представлены различными формами (рис. 6.4.9). Структуры фиксировались на различных горизонтах интервала А как в отдельных слоях, так и охватывали сразу несколько слоев. Всего в пределах интервала А выделяется не менее 5 подобных горизонтов проявления деформационных структур, обозначенные индексами А1 – А5 на рисунке 6.2.4. Наиболее полное представление об особенностях проявления деформационных структур в интервале А было получено при изучении западной стенки самого протяженного оврага (профиль 1 на рис. 6.2.3). На рис. 6.4.10 приведен разрез по данной стенке (при его рассмотрении необходимо учитывать, что снимок юго-западной половины разреза характеризуется некоторым искажением изображения, поскольку точка съемки ближе к северо-восточному окончанию профиля).



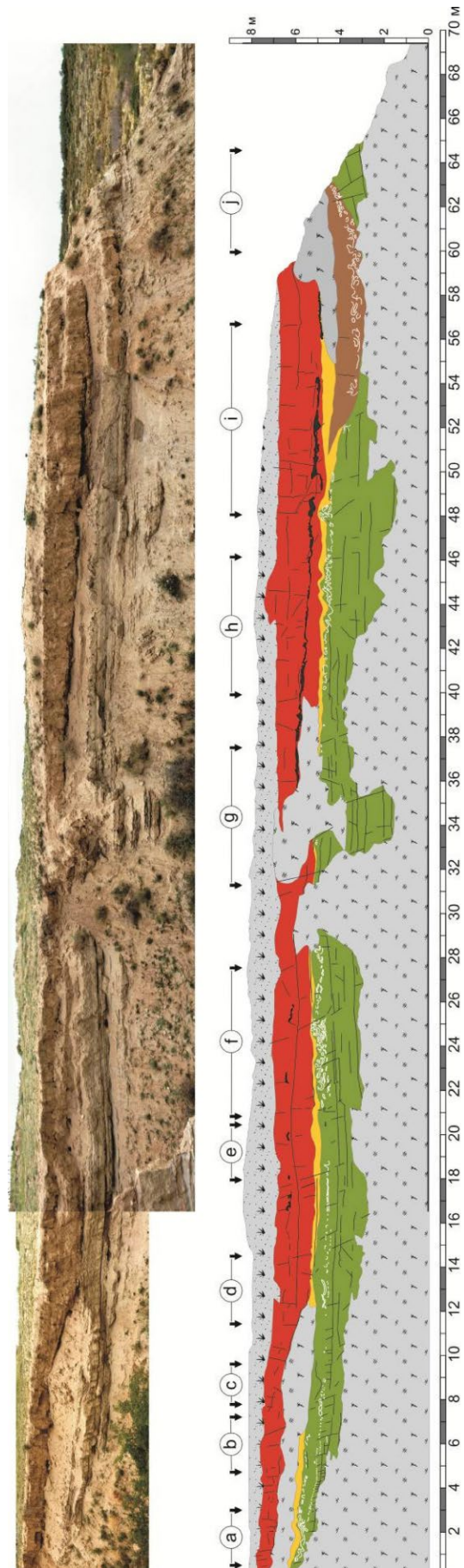
**Рис. 6.4.8.** Крупная складкообразная структура в т.н. 0501 разреза Тосор. А – фото зачистки в т.н. 0501; Б – документация зачистки. 1 - песок мелкозернистый; 2 - песок средне-грубозернистый; 3 – супесь; 4 - гравийно-галечные отложения; 5 – глина; 6 - дневная поверхность. ▲





**Рис. 6.2.9.** Формы деформационных структур, зафиксированные в интервале А разреза Тоссор. А – конволюции течения сложной формы; Б – складкообразная структура; В – сочетание в одном слое структур закатывания и складкообразных форм; Г – сочетание конволюций течения и структур будинирования слоев; Д – структуры закатывания; Е – складкообразные структуры различной интенсивности. ▲

**Рис. 6.2.10.** Разрез по профилю 1. 1 – поверхность озерной террасы с растительным покровом; 2 – осыпи; 3 – субэральные красноцветные песчано-глинистые отложения; 4 – песчано-галечные отложения; 5 – переслаивание мелкозернистых песков, алевроитов и глин; 6 – перемешанный материал отложений, обозначенных условным знаком 5; 7 – трещины; 8 – ниши в отложениях, обозначенных условным знаком 1, образованные в результате высыпания и вымывания песчаных прослоев; 9 – участки развития деформационных структур. ►



Анализ распределения деформационных структур в пределах данного разреза показывает, что оно имеет неравномерный характер как по латерали, так и по глубине (рис. 6.4.9, 6.4.10). Отмечаются как участки максимально интенсивного развития деформаций (охватывающих практически весь интервал А), так и участки, на которых деформационные структуры отсутствуют. Также фиксируются отрезки, в пределах которых деформации приурочены к отдельным горизонтам (А1 – А5). Кроме того, строение интервала А на северо-восточном окончании разреза осложнено наличием участка, в пределах которого произошло перемешивание песчано-алеврито-глинистых слоев в разжиженном состоянии.

Самые крупные по размерам и охватывающие значительную часть интервала А по глубине деформационные структуры зафиксированы на юго-западном окончании и в центральной части профиля 1 (отрезки а и f на рис. 6.4.10). Особенности их строения приведены на рис. 6.4.11 и рис. 6.4.12. Это крупные складкообразные формы, охватывающие значительную часть интервала А. Они характеризуются слабой асимметрией за счет незначительного наклона в сторону озера (угол наклона у ю-в крыла более пологий, чем у с-з) и представляют собой следы процесса выжимания вверх песчаного и алевритового материала. В местах максимальной амплитуды гребни складок проникают в песчано-галечные отложения. Строение крупных форм осложняют мелкие складки, которые образуют как простые линейные структуры, так и более сложные складчатые формы. Протяженность участка проявления складкообразных структур достигает нескольких метров. В нижней части деформированного интервала наблюдаются структуры пластического течения и срезания. Это позволяет предположить наличие в основании деформированных слоев межслоевого срыва (6.4.12).



Рис. 6.4.11. Интенсивные складкообразные структуры на отрезке а (юго-западное окончание профиля 1).▲

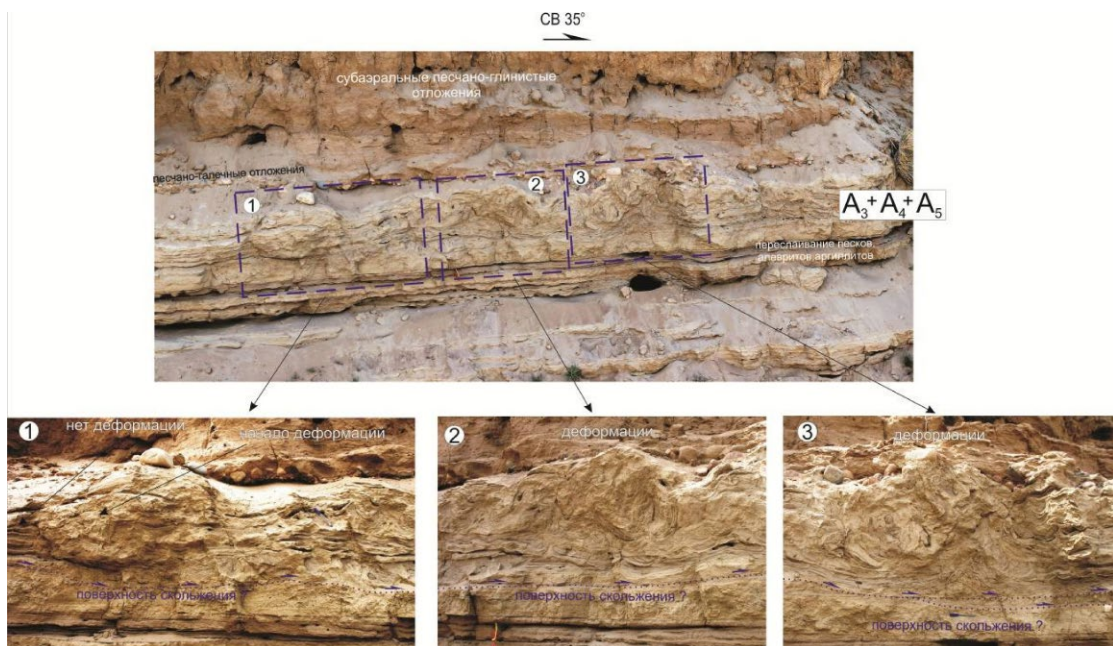


Рис. 6.4.12. Складкообразные структуры на отрезке f (центральная часть профиля 1). Точками показана линия предполагаемого межслоевого срыва.▲

Четыре из пяти горизонтов (A2 - A5) проявления деформационных структур отмечены на отрезке b профиля (см. рис. 6.4.10). Верхний горизонт (A5) мощностью до первых десятков сантиметров приурочен к контакту песчано-галечных и песчано-глинистых отложений. Деформации в его пределах представлены мелкими складкообразными структурами, сформированными за счет будинирования и изгибания слоев глинистого материала (рис. 6.4.13, 1). В середине интервала расположены горизонты A4 и A3 с деформациями и конволютной слоистостью, отражающими пластическое течение глинистого и алевритового материалов в их пределах (рис. 6.4.13, 2 и 6.4.13, 3). Мощность первого из них достигает 0.3 м, второго – до 0.15 м. Данные горизонты разделены недеформированным слоем среднезернистого песка мощностью 2 – 4 сантиметра. И, наконец, в нижней части интервала отмечен горизонт A2 с мелкими складкоподобными структурами. Его мощность колеблется в пределах 5 – 10 сантиметров. Указанный горизонт приурочен к нижнему контакту песчано-гравийной линзы, залегающей на глинистых и алевритовых отложениях (рис. 6.4.13, 4). Необходимо подчеркнуть, что горизонт A2 встречен лишь на данном участке профиля и больше нигде не проявлен. Горизонты A4 и A5 прослеживаются непосредственно от участка максимальных деформаций (от отрезка а на рис. 6.4.13).

На остальных участках профиля, содержащих деформации, последние были приурочены к одному или двум горизонтам. При этом в пределах юго-западной половины профиля деформационные структуры проявлены на уровнях горизонтов A3 и A4, а в пределах северо-восточной – горизонтов A1 и A5 (см. рис. 6.4.10).

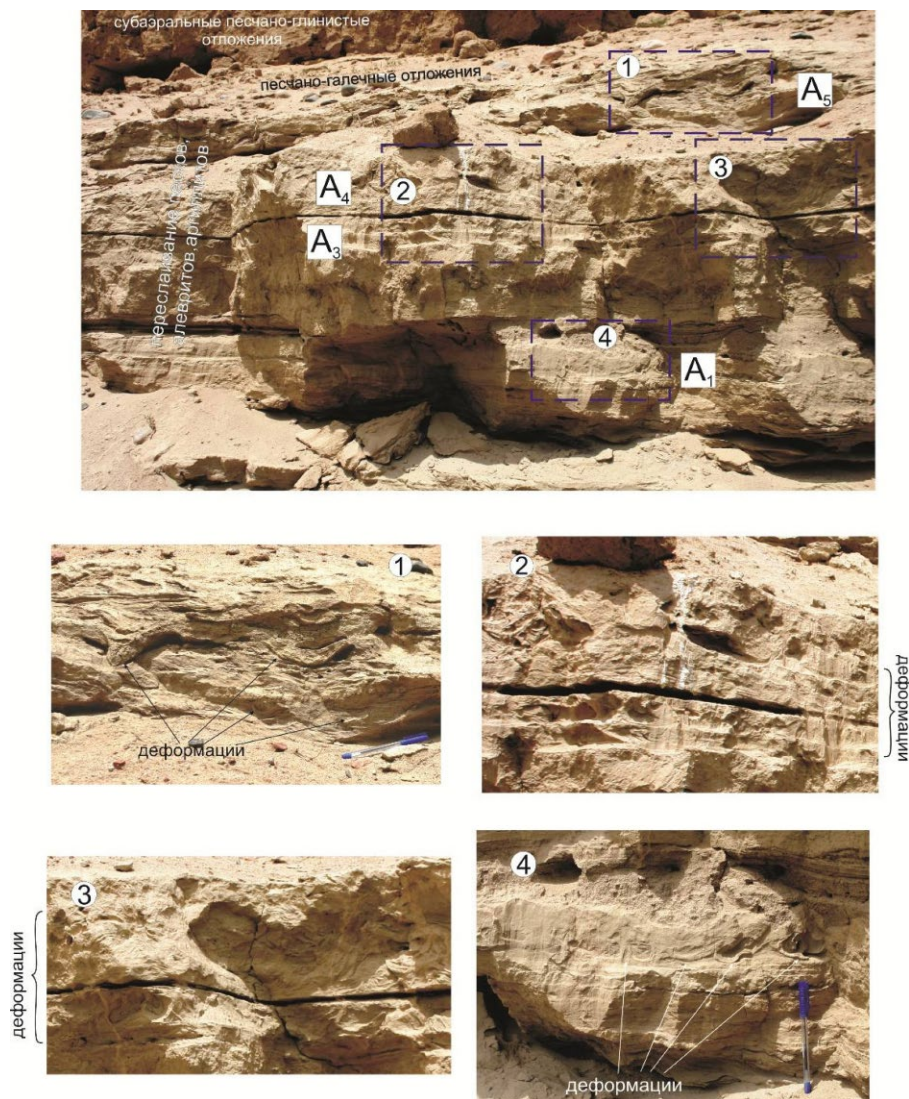
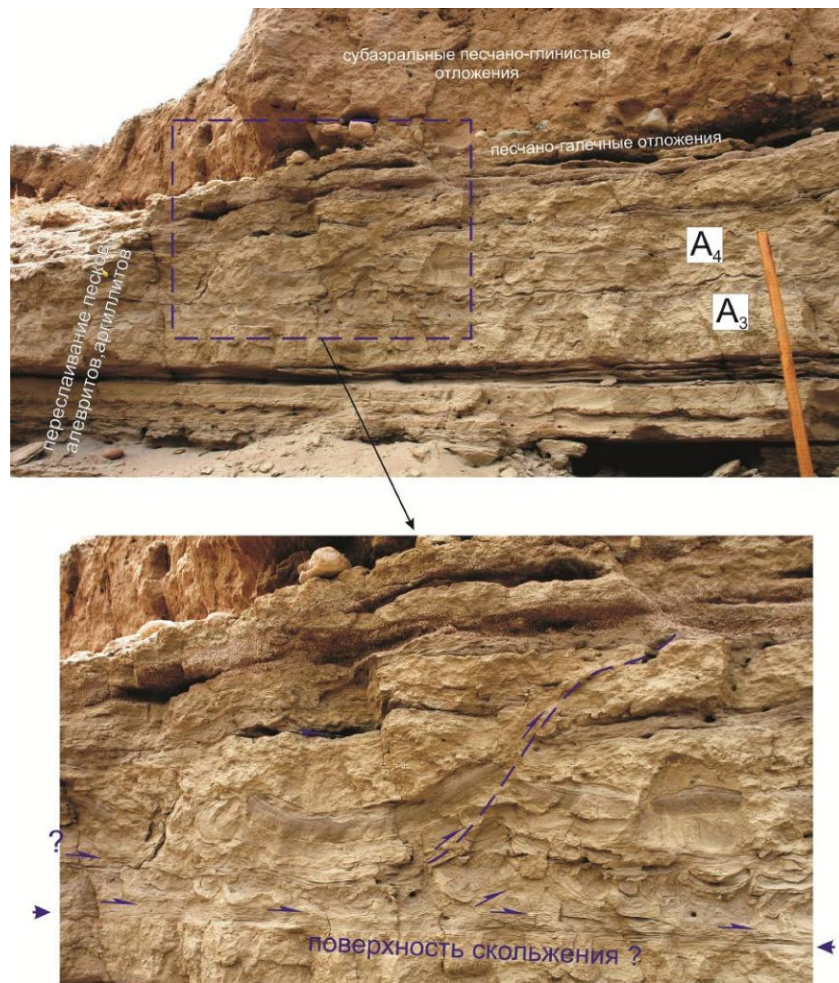


Рис. 6.4.13. Деформационные структуры горизонтов A2 - A5 на отрезке b профиля 1.▲

Рассматривая особенности распределения деформаций в горизонтах А3 и А4, отметим, что на одних участках они представляют собой самостоятельные горизонты, разделенные тонким до 5 – 10 см недеформированным слоем средне-мелкозернистого песка (см. рис. 6.4.13), а на других – наблюдаются элементы совместного деформирования отложений.

В последнем случае (например, отрезок d на рис. 6.4.10) деформации в пределах горизонта А3 представлены структурами течения и смятия, а в пределах А4 – структурами будинирования и выдавливания пластичного материала вверх по разрезу (рис. 6.4.14). При этом в процесс подъема материала вовлекаются и отложения горизонта А3. Пластические деформации сопровождаются проявлением локальных взбросов с амплитудами до 5 – 10 сантиметров (см. рис. 6.4.14). Такое совместное деформирование горизонтов А3 и А4 определяется наличием поверхности скольжения (межслоевого срыва) по нижнему контакту горизонта А3.

На северо-восточной половине профиля, вплоть до участка перемешивания деформационные структуры наблюдаются в пределах горизонта А5 (см. отрезок h на рис. 6.4.10). Они представлены преимущественно складкообразными и столбообразными (пламеневидными) формами различной интенсивности и амплитуд (рис. 6.4.15). При этом визуально видно, что интенсивность деформаций нарастает по направлению к озеру (с юго-запада на северо-восток). Наблюдаемые структуры формировались в результате выдавливания глинистого слоя в перекрывающие песчаные слои с одновременным перемещением материала в северо-восточном направлении, о чем свидетельствует небольшой наклон осевых плоскостей складкообразных структур. В деформации, наряду с песчано-глинистыми отложениями вовлекается материал перекрывающего их песчано-галечного слоя.



**Рис. 6.4.14.** Особенности совместного деформирования горизонтов А3 и А4 на отрезке d профиля 1. Пунктиром показан предполагаемый межслоевой срыв.▲

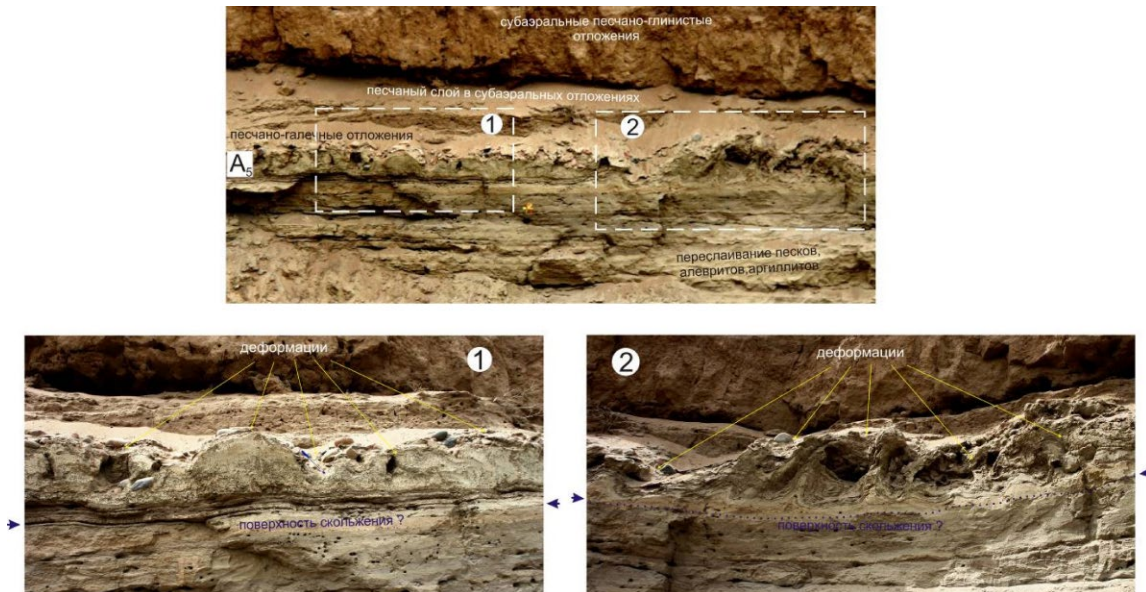


Рис. 6.4.15. Деформационные структуры горизонта А5 на отрезке h профиля 1.▲

На отрезке i профиля 1 (см. рис. 6.4.10) происходит “переход” деформаций с уровня горизонта А5 на уровень горизонта А1. Складкообразные структуры горизонта А5 прослеживаются до контакта слоистых отложений с перемешанной частью разреза (рис. 6.2.28, 1). Далее – в пределах участка перемешанных пород, вдоль их нижней границы начинают проявляться деформационные структуры сначала пламеневидной, затем - шарообразной форм, а также их сочетаний (рис. 6.4.16, 2 и рис. 6.4.17). Особый интерес вызывают взаимоотношения перемешанного участка с нормально слоистой частью разреза. Юго-западный контакт с элементами залегания разрыва аз. пад. на северо-восток  $20^\circ < 35^\circ$  имеет линейный (разрывной?) характер и по положению пород в крыльях разрыва может быть интерпретирован как поддвиг (см. рис. 6.4.17). Северо-восточный контакт, имеет наклон на юго-запад под углом около  $40^\circ$ , и он проходит по выкручивающемуся кверху горизонту деформационных структур (см. рис. 6.4.10 и рис. 6.4.18). Можно предположить, что перемешанные (гомогенизированные) породы тоже являются своеобразным проявлением деформирования отложений в водонасыщенном состоянии.

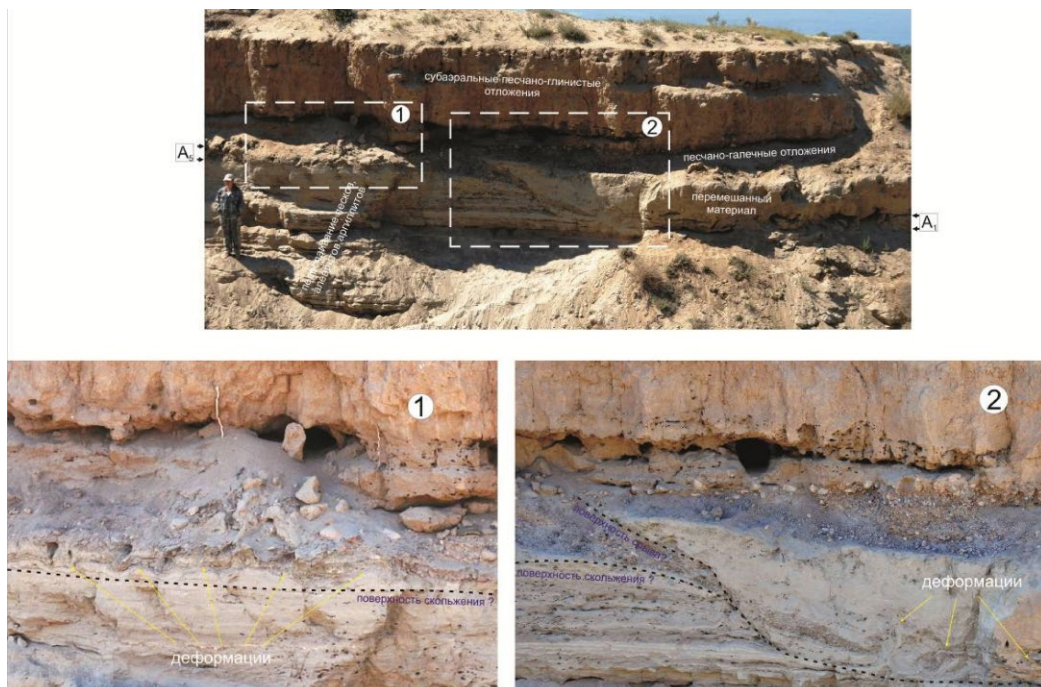
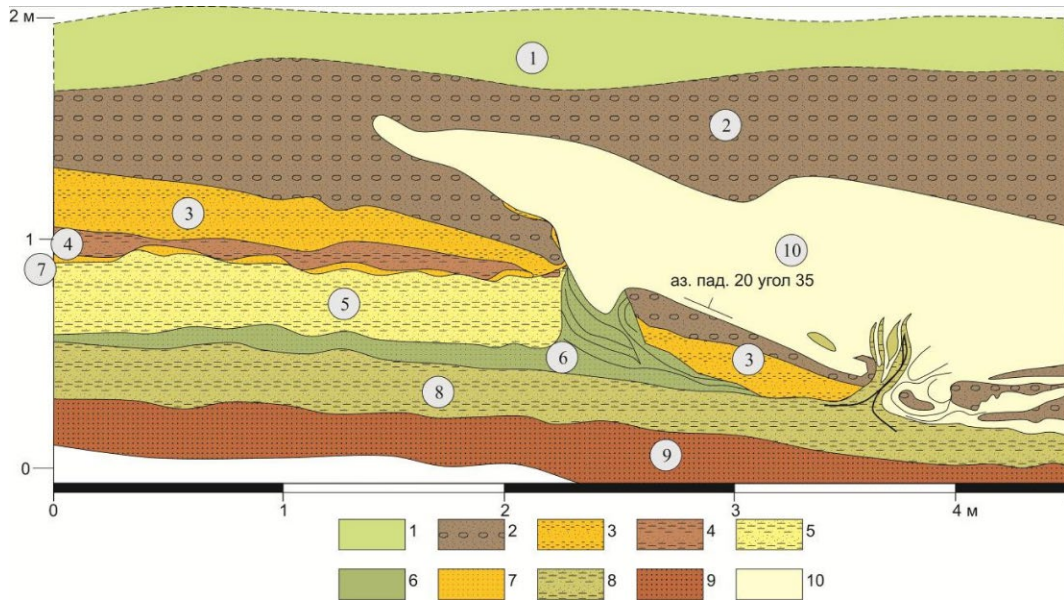
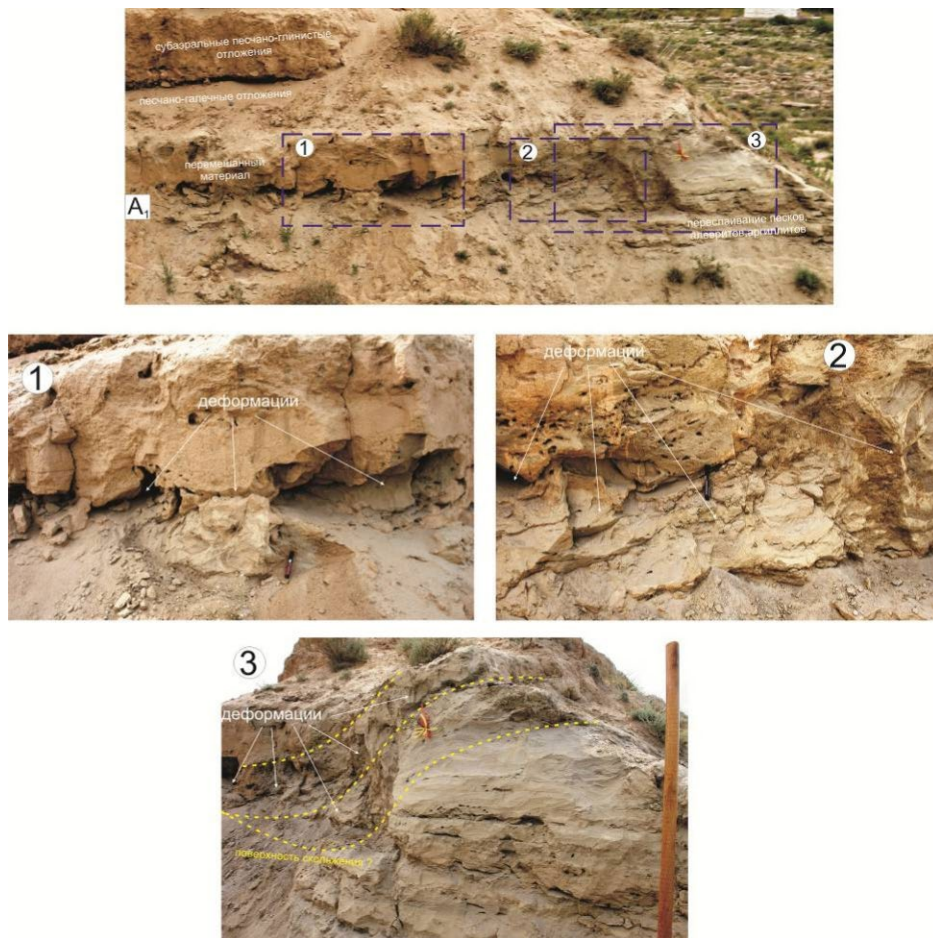


Рис. 6.4.16. Особенности проявления деформационных структур горизонтов А5 на отрезке i профиля 1.▲



**Рис. 6.4.17.** Сочетание разрывной (?) и пластической деформаций на юго-западном контакте тела перемешанных пород. 1 - субаэральные лессовидные суглинки; 2 - песчано-галечные отложения; 3 - переслаивание тонко-зернистых песков и алевритов; 4 - мелкозернистые пески с прослоями супеси; 5 - среднезернистые пески; 6 - переслаивание мелкозернистых песков и суглинков; 7 - мелко-среднезернистые пески; 8 - переслаивание песков и суглинков со следами ряби; 9 - крупнозернистые пески с включениями дресвы; 10 – перемешанные породы.▲



**Рис. 6.4.18.** Деформационные структуры горизонта А1 на отрезке j профиля 1.▲

В целом, приведенные данные позволяют охарактеризовать особенности изменений распределения и форм деформационных структур поперек современной и, как мы полагаем, древней береговой линии оз. Иссык-Куль.

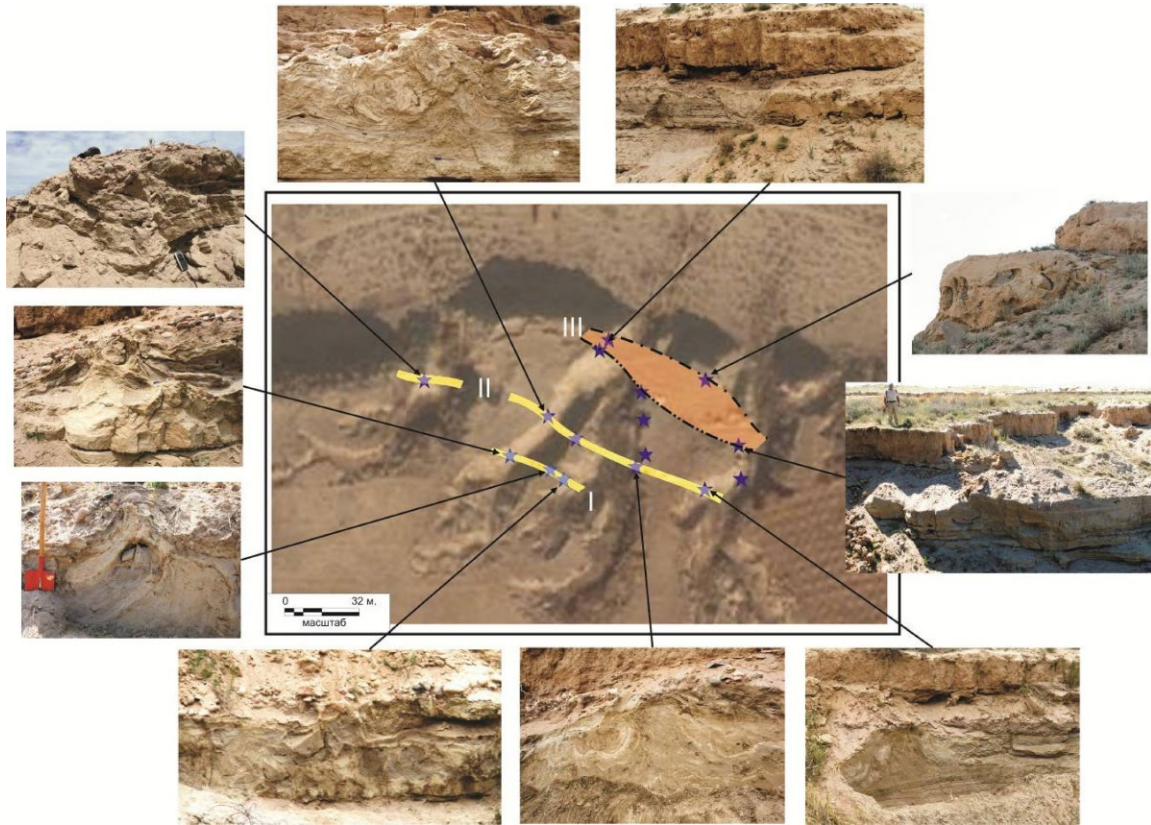
Интервал В. Строение данного интервала было изучено, главным образом, по линии II – II (см. рис. 6.2.3). Деформации в пределах данного интервала приурочены к двум горизонтам (см. рис. 6.2.4). Представление о формах деформационных структур, проявленных в данном интервале можно получить из рис. 6.3.5.

Состав отложений разреза Тоссор указывает на формирование их преимущественно в обстановке прибрежного мелководья. При этом нижняя и средние части разреза представлены породами литоральной фации (переслаивание мелкозернистых песков, алевроитов и глин), а перекрывающие их песчано-галечные образования - представляют фацию пляжа. Полученные результаты свидетельствуют о том, что интервал А, приуроченный к верхней части литоральной фации содержит значительное число деформационных структур, которые по всем признакам явились результатом разжижения отдельных слоев (или групп слоев). Однако в его пределах нет четкой привязки наблюдаемых деформаций к определенным горизонтам (уровням). Деформации могут охватывать как весь интервал, так и быть приуроченными к разным горизонтам. На одних отрезках наблюдается “слияние” деформаций разных горизонтов, на других – “разделение” на разные горизонты. В разрезе присутствуют участки, в которых деформационные структуры отсутствуют. В целом, основываясь на результатах изучения профиля 1, можно констатировать, что в пределах интервала А разреза Тоссор нет горизонтов (уровней) в которых деформационные структуры стабильно прослеживались бы на расстояния более чем несколько десятков метров по направлению к озеру Иссык-Куль. Подавляющее большинство деформационных структур имеют складкообразную форму и являются результатом выдавливания разжиженного материала (как правило, тонкозернистые пески и суглинки) в вышележащие отложения. При этом, в наиболее значительных по масштабу структурах, в деформационный процесс вовлекаются также перекрывающие песчано-галечных отложений прибрежного пляжа. Иногда наблюдаются структуры пластического смятия мелких слоев, что указывает на наличие перемещений разжиженного материала в горизонтальном направлении. Об этом же свидетельствует приуроченность к основаниям крупных и средних складкообразных форм локальных горизонтов с деформациями пластического течения и межслоевых срывов и слабый наклон осевых линий у большинства складкообразных структур в сторону озера (на север-северо-восток).

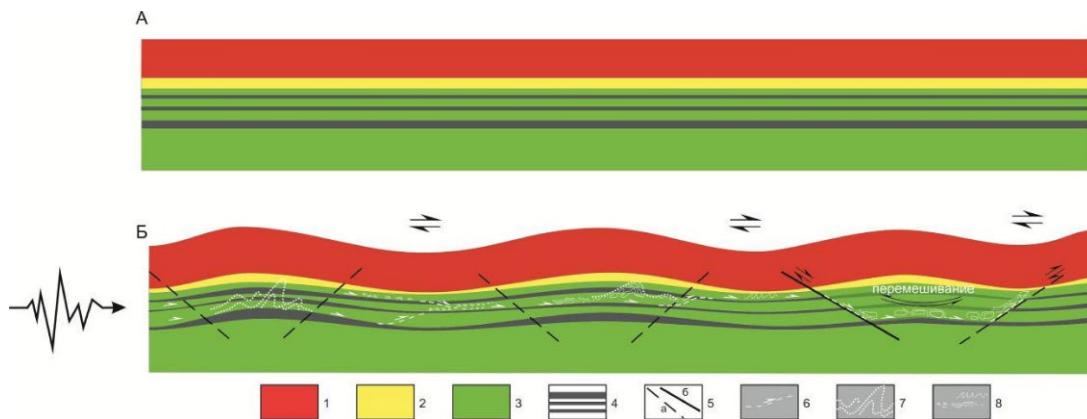
Анализ распределения на изученной площади крупных складкообразных структур и участков перемешивания (гомогенизации) отложений разреза показывает, что первые из них “выстраиваются” в две параллельные линии запад-северо-западного простирания, а вторые – образуют линейную область аналогичной ориентировки, ширина которой варьирует в пределах первых десятков метров (рис. 6.4.19). То есть наиболее крупные деформационные структуры и, соответственно, сам интервал А устойчиво прослеживаются в соседних оврагах (саях). Полученные данные позволяют оценить расстояния между участками проявления подобных деформационных структур в 20 - 30 метров (рис. 6.4.10 и рис. 6.4.19).

В отсутствии явных признаков наличия подводных оползней подобные распределение и характер деформационных структур могут определяться только двумя видами триггеров: 1) деятельностью волн и течений в прибрежной зоне оз. Иссык-Куль и 2) землетрясениями. Предлагаемая нами модель предполагает, что деформационные структуры раздела Тоссор сформировались именно в результате действия сейсмических волн, сопровождающимся циклическим изменением напряженного состояния. При этом нагружении различные участки разреза оказывались на разных временных отрезках в условиях сжатия и растяжения (рис. 6.4.20, Б). При этом же, учитывая положение источника сейсмических колебаний на юг-юго-западе от разреза Тоссор, происходило проскальзывание по отдельным поверхностям слоев в север-северо-восточном направлении. Как правило, поверхности таких срывов были приурочены к низам уже существующих горизонтов проявления деформационных структур и, возможно, увеличения интенсивности их проявления. Совместное действие проскальзывания и изменения условий сжатия на растяжение и наоборот, приводило к частичному разжижению отдельных участков разреза и формированию в их пределах крупных структур выжимания (нагнетания) тонкозернистого песчаного материала (рис. 6.4.20, Б).

Помимо пластической составляющей, при прохождении сейсмической волны возможно формирование определенных направлений разрывов (см. рис. 6.4.20, Б). Безусловно, не все они реализуются в природе. Нам представляется, что появление такого разрыва и знакопеременные



**Рис. 6.4.19.** Зафиксированные выходы на участке исследований крупных складкообразных структур и границ перемешанных (гомогенизированных) отложений. I, II – линии выстраивания осей крупных складкообразных структур; III – площадь развития перемешанных (гомогенизированных) отложений.▲



**Рис. 6.4.20.** Предполагаемая модель формирования деформационных структур разреза Тоссор в результате сейсмических сотрясений. А – идеализированное строение разреза до сейсмического воздействия; Б – деформирование отложений разреза в момент прохождения сейсмической волны; В – строение разреза в настоящее время. 1 – субаэральные красноцветные песчано-глинистые отложения; 2 – песчано-галечные отложения; 3 – песчано-глинистые прибрежно-озерные отложения; 4 – слои тонкозернистых песков; 5 – перемешанные отложения; 6 – разрывные деформации (а – теоретические; б – наблюдаемые в природе); 7 – межслоевые срывы и направления смещений по ним; 8 – крупные складкообразные структуры; 8 – горизонты проявления деформационных структур. ▲

смещения (с раскрытием по нему) в процессе землетрясения могли привести к формированию тела перемешанных пород. Мы предполагаем, что смещения по разрыву сопровождались пластическими деформациями, обусловившими появление структур нагнетания в окрестностях разрыва и появление перемешанного слоя в лежачем крыле (положение контактов различных отложений). При сжатии проявлялся эффект “бульдозерного ковша” сгребаящего и перемешивающего слои в лежачем крыле, а при и растяжении формировался клин по зоне разрыва, выполненный песчано-галечными отложениями.



### 6.5. КРИТЕРИИ ДЛЯ СЕЙСМИТОВ

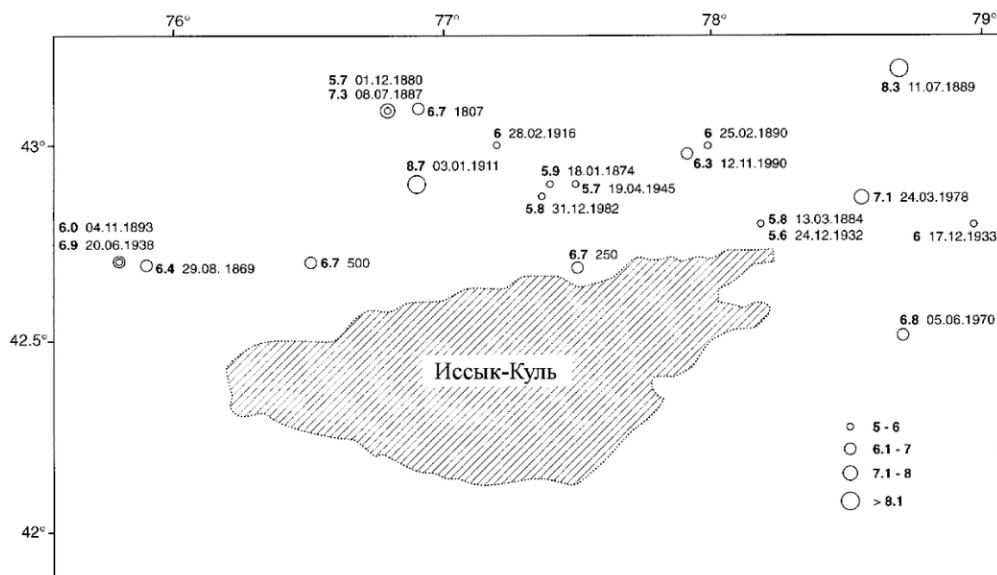
Мы используем термин “сейсмиды” вслед за [Seilacher, 1969] для структур, сформированных в рыхлых песчаных осадках вследствие сейсмических толчков. Каждый типологический полевой критерий [Sims, 1975; Hempton and Dewey, 1983; Anand and Jain, 1987] предложен для отнесения особенностей деформаций к палеосейсмическому событию, которое обсуждается применительно к нашим наблюдениям в районе Иссык-Кульской и Кок-Мойнокской впадин.

*А. Местонахождение исследуемых деформаций в сейсмически активных областях.* Озеро Иссык-Куль и его Кок-Мойнокский палеозалив расположены на территории, где имели место многочисленные сильные современные землетрясения [Джанузаков и др., 2003]. Эпицентры в окрестностях Иссык-Кульской впадины (рис. 6.5.1) указывают на сейсмически очень активную зону, расположенную севернее озерной ванны.

*Б. Подходящий состав осадков* – слабо консолидированные, метастабильные пески и глины с низким сцеплением. В связи с такими качествами [Dzulynski and Smith, 1965; Mills, 1983] и следующего излишка порового давления в водонасыщенных условиях, а также состояния обратной плотности, достаточной, чтобы вызвать гравитационную нестабильность, осадки могут потерять сцепление и прийти в разжиженное состояние. Песчано-глинистые озерные фации, исследованные в данной работе, являются рыхлыми и достаточно пористыми, так что соответствуют основным текстурным требованиям для пластичных деформаций, вызванных нагрузкой.

*В. Сходство структур, образованных экспериментально* (рис. 6.5.2, 6.5.3), со структурами, образованными сейсмическими сотрясениями [Kuenen, 1958; Owen, 1996; Moretti et al., 1999], или со структурами, описанными где-либо как сейсмиды [Seilacher, 1969; Scott and Price, 1988; Ringrose, 1989]. Особенности деформаций, выявленные в нашей работе, хорошо сопоставимы как с деформациями в рыхлых осадках, описанных в геологических отчетах, так и с теми, которые были получены инструментально.

*Г. Исключение возможности образования деформаций* вследствие гравитационного течения. Сейсмиды должны относиться к тем областям, где склоновая нестабильность, вызванная гравитацией, может быть исключена. Это обстоятельство необходимо для того, чтобы избежать появления деформаций, которые могут возникнуть без сотрясения. Латеральная протяженность деформационных структур в пределах отчетливо выявляемых слоев исключает происхождение деформаций вследствие гравитационного течения. Слоистые глины, илы и тонкие пески, отложенные между деформированными слоями, предполагают условия спокойной озерной воды, уменьшающие вероятность возникновения гравитационных плотностных течений, могущих



**Рис. 6.5.1.** Пространственное распределение эпицентров сейсмических событий с  $M > 5$ , зарегистрированных или известных в исследованной области, собранных, главным образом, за период 1874-1990 гг. Источники данных: Джанузаков и Садыкова [1993]; База данных по землетрясениям Геологической службы США (U.S. Geological Survey Earthquake Data Base) и Гарвардский каталог (Harvard CMT catalogue).▲

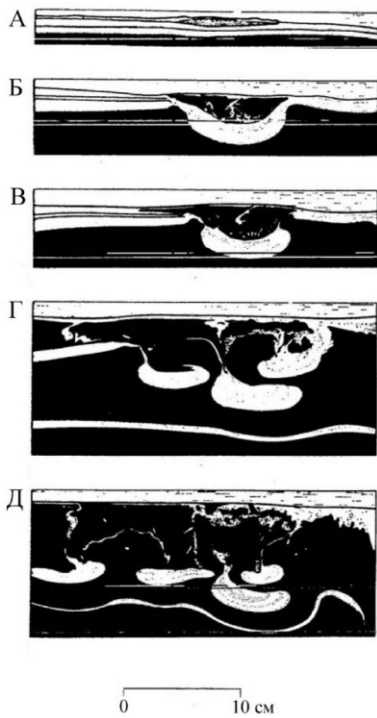
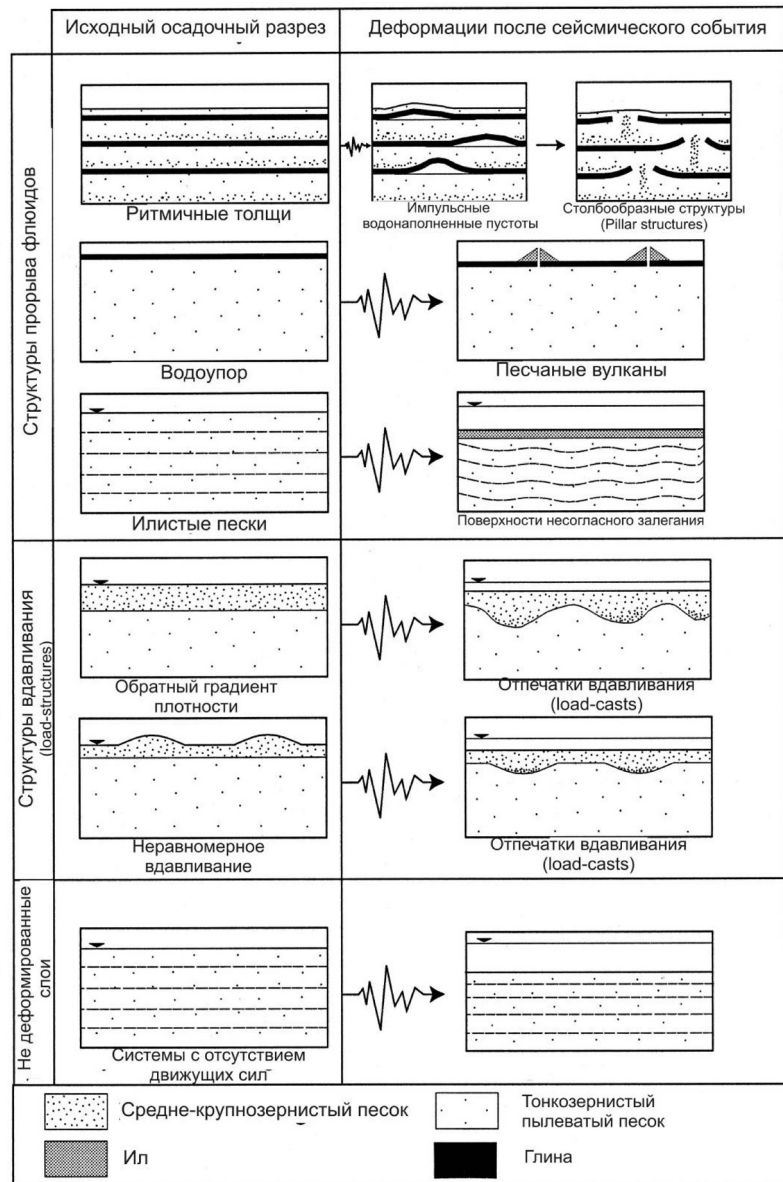


Рис. 6.5.2. Псевдонодулы, сформированные вследствие сотрясения [Kuene, 1958].▲

Рис. 6.5.3. Схематический рисунок основных типов сейсмогенных деформационных структур образующихся в рыхлых отложениях по результатам физического моделирования (Moretti et al., 1999). Слева – исходные геологические разрезы. Справа – признаки (деформации) разжижения и/или флюидизации после сейсмического события ►



произвести сдвиги [Jones and Omoto, 2000]. Отсутствие доказательств ротационных скольжений, структур типа ромбовидных грабенов и последующих перемещений материала, который является типичным для оползней [Mills, 1983], уменьшает вероятность склонового контроля.

**Д. Обоснование отличия исследуемых деформационных структур** от структур, сформированных в результате динамического воздействия волновых процессов. Выполненный анализ показал, что, несмотря на иногда фиксируемое линейное расположение крупных деформационных структур в рыхлых отложениях субпараллельно берегу озера, волновой триггер для них маловероятен. Отсутствуют в изученных разрезах типичные для волно-прибойной деятельности песчаные бары. Этому противоречат и максимальные динамические характеристики, свойственные различным типам волн оз. Иссык-Куль.

**Е. Деформированный слой должен находиться в стратиграфическом “сэндвиче”** из недеформированных слоев. Подобное положение наблюдается во многих случаях, когда слой с деформациями перекрыт или подстилается недеформированными слоями. Четкое ритмическое чередование деформированных слоев с ненарушенными горизонтами, может также служить указателем мгновенного сейсмического происхождения конволюций [Rossetti, 1999], подразумевая, что деформация имела место вскоре после отложения осадка [Jones and Omoto, 2000].

**Ж. Латеральная протяженность.** Широкое латеральное простираие деформационных структур является необходимым условием для их отнесения к сейсмически обусловленным конволюциям [Allen, 1986]. Эти структуры широко распространены вдоль побережья оз. Иссык-Куль [Корженков и др., 1999; Korjenkov, 2000; Bowman et al., 2004] и в озерных разрезах Кок-Мойнокской впадины [Поволоцкая и др, 2006]. Их большое количество и распространение

соответствует ожидаемому эффекту сейсмических событий, хотя синхронность не всегда была установлена. На каждом исследованном участке деформации могут быть латерально прослежены только на десятки-сотни метров. Несмотря на этот факт, пространственное распределение деформаций в рыхлых осадках очень широко в озерных осадках Кок-Мойнокской впадины. Специфические зоны, показывающие деформации в рыхлых осадках, в соответствии с тектурным переслаиванием, чередуются вдоль границ бассейна. Это тектурное переслаивание обуславливает отсутствие конволюций в отложениях, в которых невозможно разжижение, что усложняет выявление их пространственного распределения.

3. *Циклическое повторение структур* следует ожидать в сейсмических зонах вследствие периодического проявления сильной сейсмической активности. От двух до семи повторений дискретных горизонтов с этими деформационными структурами были зарегистрированы в изученных разрезах.

## 6.6. ВОЗРАСТ СЕЙСМИТОВ

Большинство отобранных на термолюминесцентное датирование иссык-кульских образцов было отобрано в высотном интервале 25 м, на абсолютных высотах между 1612 и 1637 м (см. рис. 6.2.1). Временное окно 15 датировок находится в интервале от  $26.0 \pm 2.1$  тыс. лет до  $10.5 \pm 0.7$  тыс. лет (см. таблицу 6.6.1), все в пределах верхней части позднего плейстоцена. Имеются некоторые данные в предыдущих работах по контролю возраста: Николаевская озерная терраса, прослеживаемая на абсолютной высоте 1640 м, - хорошо известный временной маркер региона, опирающийся на радиоуглеродную датировку в ее озерных осадках. Марков [1971] датировал моллюски со слоя на абсолютной высоте 1633 м (7 м ниже бровки террасы) радиоуглеродным методом. Его датировка  $26.340 \pm 540$  тыс. лет попадает в древнюю часть определенного нами возрастного интервала.

В таблице 6.6.1 представлены величины, являющиеся промежуточными расчетными данными для вычисления абсолютного возраста пород, представленных в последней колонке.

Глубина измерялась от современной поверхности. Эквивалентная доза  $D_e$  измерялась с помощью инфракрасной стимулированной люминесценции по щелочным полевым шпатам и протокола Добавленной дозы единичной доли (Single Aliquot Added Dose protocol). Размер зерен во всех образцах: 149-177 микрон. Космическая доза рассчитывалась по глубине погребения. Оценочное содержание воды  $15 \pm 5\%$ . Голоценовые отложения и их деформации, включая слои, откладывающиеся во время прошлого столетия - времени интенсивной сейсмической активности, скорее всего, погребены под современные пляжные пески и галечники. Этот вывод нашел поддержку в статье Ricketts et al. (2001), в которой приведены данные по поршневым кернам, отобранным с дна озера. 16 их радиоуглеродных датировок были получены из колонок осадков вплоть до глубин 40 м. Возраст осадков ранжирует от  $1480 \pm 45$  до  $8940 \pm 65$  лет.

Ирдыкский разрез № 18 выделяется относительно высоко расположенными, хотя и древними датировками (образцы 11, 12 на рис. 6.6.1) в связи с его расположением на крыле растущей Бир-Башской антиклинали (см. рис. 6.2.1). Образцы 13-15 из Чоктала - на южном побережье были отобраны в 6-8 метрах выше современного уровня озера и показывают тот же возраст, что и образец № 4, который находится почти на 20 м выше образца из Актерека на южном побережье озера. Этот факт может свидетельствовать о более глубоком опускании лежащего крыла Культорского разлома по сравнению с аналогичным крылом Предтерекской разлома (см. рис. 6.2.1).

Негативная высотно-возрастная корреляция была выявлена в точках наблюдений Актерек-15, Актерек-11 и Ирдык-18 (рис. 6.6.1). Подобная корреляция предполагает, что эти возрасты отражают стратиграфический порядок без значительных нарушений во время событий "врез и аккумуляция", которые часто приводят к образованию вложений. Ricketts et al. [2001] описывают ту же закономерность для осадков ниже уровня озера. Суммируя описанные выше данные, можно прийти к грубой оценке возраста землетрясений, произошедших в различных местах Иссык-Кульской впадины [Корженков, 2006].

По юго-западу впадины, согласно разрезам 11 и 15, расположенным восточнее устья р. Актерек-зап., в позднем плейстоцене произошли, по крайней мере, 4 землетрясения:

- 1) 24 тыс. лет назад (образец ISK-1),
- 2) 23 тыс. лет назад (образец ISK-2),

Таблица 6.6.1. Полевые и лабораторные результаты, полученные по Иссык-Кульским образцам

Образец	Глубина (м)	De (Gy)	K Kf (%)	K(3) (%)	U (ppm)	Th (ppm)	Внеш. β (μGy/лет)	Внут. α (μGy/лет)	Внеш. β (μGy/лет)	Космическая (μGy/лет)	Внеш. γ+cos (μGy/лет)	Внеш. γ+cos (μGy/лет)	Общая доза (μGy/лет)	Общая доза (μGy/лет)	Возраст (тыс. лет)	Возраст (ка)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	10.5	115±2.5	11.3	2.4	2.6	11.9	518	374	1990	35	1272	γ1894	4154±268	4776±358	27.6±1.9	24.0±1.9
2	9	106±2.5	11.6	2.6	1.7	7.9	532	247	1962	45	1070	1848	3811±234	4589±335	27.7±1.8	23.0±1.8
3	4	96±2.3	10.3	2.7	2.3	9.2	472	306	2107	90	1246	1748	4132±260	4633±335	23.2±1.6	20.7±1.6
4	0.45	55±0.4	11.8	3.5	2.1	9.5	541	300	2627	210	1532	1771	5000±305	5237±356	11.0±0.7	10.5±0.7
5	0.7	70±2.0	11.7	2.2	2.6	8.5	536	312	1811	190	1244	1826	3902±236	4485±360	18.1±1.2	15.7±1.2
6	0.55	68±1.8	9.6	2.1	4.2	12.5	440	481	2013	200	1565	1748	4498±296	4682±344	15.3±1.1	14.7±1.2
7	14	84±5.1	11.3	2.9	3.1	16.0	518	479	2475	35	1610	2022	5082±338	5494±414	16.6±1.5	15.4±1.5
8	9	74±2.2	11.8	2.7	2.1	12.0	541	382	1776	45	1224	1796	3922±354	4494±385	18.9±1.8	16.5±1.5
9	6	87±4.4	11.5	2.5	2.9	14.0	527	431	2144	65	1448	1636	4550±297	4738±345	19.1±1.6	18.4±1.6
10	0.5	71±1.7	10.5	3.0	2.0	10.5	481	312	2302	210	1459	1921	4555±281	5017±354	15.6±1.0	14.2±1.1
11	5.5	149±5.1	10.9	3.3	2.2	15.2	500	411	2616	85	1621	2197	5147±334	5724±426	29.0±2.1	26.0±2.1
12	3.5	102±5.6	10.3	3.1	2.0	16.0	472	414	2453	105	1606	1995	4949±321	5334±394	20.6±1.8	19.1±1.8
13	0.35	66.3±7.7	10.9	3.3	2.8	13.0	498	406	2624	220	1713	2297	5242±332	5826±423	12.7±1.7	11.4±1.6
14	0.65	59.1±9.6	10.4	3.3	2.4	12.4	476	371	2570	190	1619	2144	5037±319	5562±402	11.7±2.0	10.6±1.9
15	1.1	68.1±5.0	8.8	3.2	3.4	22.0	403	608	2799	180	2100	2296	6910±402	6106±465	11.5±1.2	11.2±1.2

В столбцах таблицы представлены:

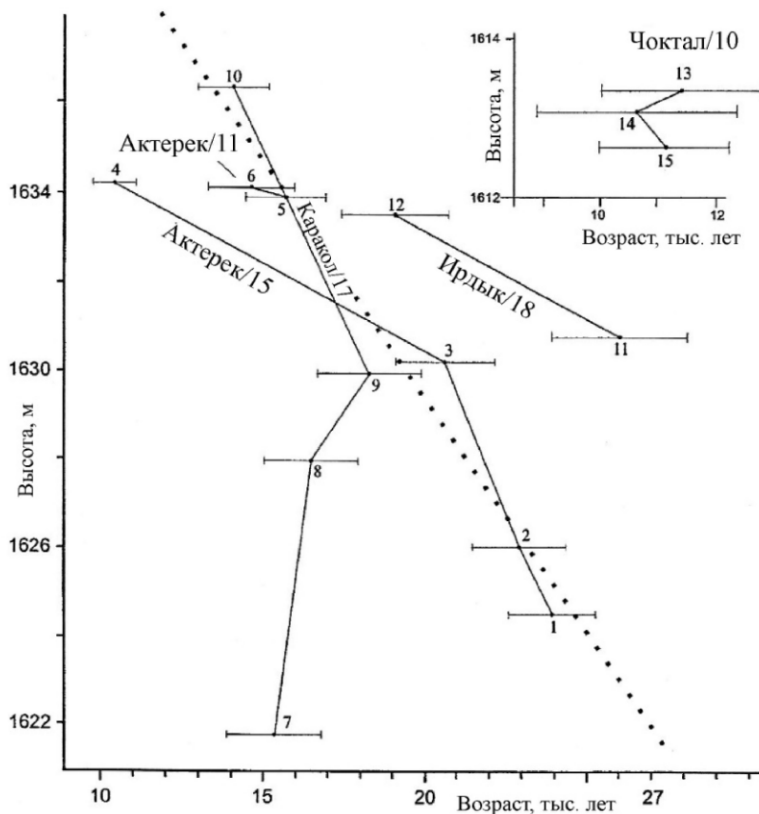
3 - величина De, измеренная с использованием процедуры 1/6 части образца; 4 - дано содержание калия в щелочных полевых шпатах извлеченных из осадков, измеренное с использованием атомной абсорбционной спектроскопии; 5 - дана концентрация в сухом осадке, измеренная посредством атомной абсорбционной спектроскопии. 6, 7 - приведена концентрация U и Th в сухом осадке, измеренная посредством нейтронного активационного анализа (ppm - частиц на миллион);

8 - приведена величина β, измеренная по содержанию калия в щелочных полевых шпатах, уменьшающаяся в соответствии с размером зерна;

9 - представлена величина α, рассчитанная по концентрации урана (U) и тория (Th) с использованием величин  $\alpha = 0.2 \pm 0.05$ ;

11 - представлена величина космического излучения, вычисленная по глубине взятия образца;

14, 16 - приведены величины общей дозы радиации и возраста образца, рассчитанные в лаборатории по радионуклидному содержанию; 15 и 17 - даны те же величины, но рассчитанные по полевым измерениям.



**Рис. 6.6.1.** Отношение возраста и абсолютных высот пятнадцати образцов, отобранных для люминесцентного датирования. Возрасты рассчитаны при 15%-ном содержании в них влаги. Отметьте негативную корреляцию «высота–возраст» в разрезах Актерек-15, Актерек-11, и Ирдык-18. Приведены величины и пределы ошибки возраста для каждого образца. Показана приблизительная линия наилучшей корреляции. ◀

3) в интервале между 21 тыс. лет и 11 тыс. лет, что в среднем составляет 16 тыс. лет назад, согласно возрасту образцов ISK-3 и ISK-4. Этот возраст совпадает с возрастом образца ISK-5 – 16 тыс. лет назад, отобранного непосредственно из горизонта с сейсмитами,

4) 15 тыс. лет назад (образец ISK-6).

На северо-западе Иссык-Кульской впадины (разрез 10) имеются свидетельства двух землетрясений в озерных осадках, которые произошли с небольшим промежутком времени друг от друга: в интервале 10.6–11.4 тыс. лет назад (образцы ISK-13–15).

На юго-востоке Иссык-Кульской депрессии в конце плейстоцена произошло по меньшей мере 7 значительных землетрясений, следы которых остались в осадочных отложениях, обнажающихся в озерном клифе над пристанью Каракол:

1) первое землетрясение имеет возраст менее 19 тыс. лет (образец ISK-12),

2) второй толчок произошел приблизительно 16 тыс. лет назад (образцы ISK-7–8),

3) за период от 16 до 14.2 тыс. лет назад произошла серия из 4-х землетрясений (образцы ISK-8 и ISK-10). Данные по образцу ISK-9 не учитывались в связи с его удревленным возрастом, выпадающим из общей стратиграфической последовательности,

4) последнее землетрясение, согласно полученным данным, произошло 14.2 тыс. лет назад (образец ISK-10).

Следует отметить проявление сейсмической активности во всех разрезах вдоль южного побережья Иссык-Куля во временном интервале 14–16 тыс. лет назад. Возможно, что в некоторых слоях сейсмиков трассируется одно сильнейшее сейсмическое событие, имевшее место 16 тыс. лет назад (рис. 6.6.2).

Возраст отложений в Кок-Мойнокской впадине, в которых обнаружены горизонты с сейсмитами, на основе региональной относительной геохронологической схемы является позднеплейстоценовым [Степленков, 1994]. Слои сейсмиков в среднечетвертичных отложениях озера Иссык-Куль, возраст которых также определялся по местной относительной геологической шкале, уже описывались в [Корженков и др., 1999, Корженков, 2000].

Не противоречит полученным датировкам и <sup>14</sup>C датирование абсолютного возраста раковин гастропод из субэдральной покрывки тупской террасы в разрезе Тоссор. Согласно поученной датировке 11840 – 11610 ВР сейсмогенные деформации в разрезе имеют позднеплейстоценовый возраст.

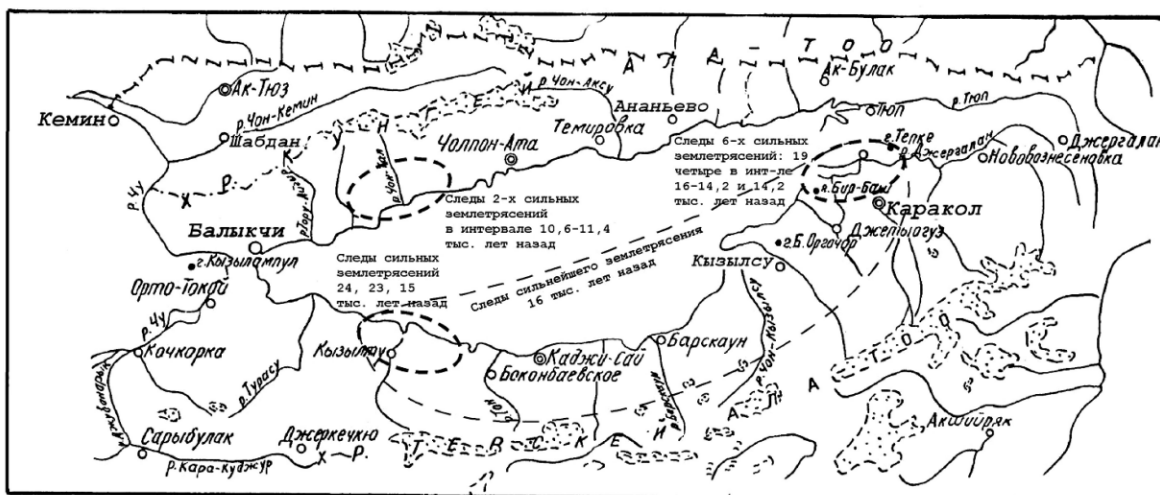


Рис. 6.6.2. Оконтуривание участков развития сейсмиков, образовавшихся во время сильных землетрясений с  $M \geq 5.5$ .

### 6.7. ДАННЫЕ ПО ИСТОРИЧЕСКОЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

Карта эпицентров (см. рис. 6.5.1) показывает 19 землетрясений с  $M > 5.5$  за 183 года (1807-1990). Эти данные позволяют определить среднюю повторяемость сильных землетрясений (рис. 6.7.1) как одно в 10 лет ( $1\sigma = 14$  лет). Расчеты по 5 наиболее сильным землетрясениям ( $M > 6.2$ ), произошедшим в течение 101 года (1089-1990), дают среднюю повторяемость в 25 лет с  $1\sigma = 23$  годам. Основываясь на отношении между повторяемостью и магнитудой землетрясений [Slemmons and Depolo, 1986], бассейн озера Иссык-Куль попадает в группу “наиболее сейсмически активных” регионов в пределах главных границ литосферных плит.

Эмпирическое отношение между максимальным расстоянием от эпицентра до участка разжижения  $R$  и магнитудой  $M$  землетрясения дано Kuribayashi и Tatsuoka, [1975] и Vittori и др. [1991]:

$$\log R = 0.87M - 4.5.$$

Таким образом, разжижение может иметь место на расстоянии не более 70 км от эпицентра при землетрясении с магнитудой  $M=7.0$ . Для расстояния, не превышающего 100 км,  $M=7.5$  является минимально допустимой величиной. Подобные отношения также были установлены Tinsley и др. [1985]. Galli [2000], основываясь на итальянских данных за период 1117-1990 гг., показал, что вслед за сейсмическим событием с  $M=7$ , разжижение может иметь место даже на расстоянии более 100 км. Эти расстояния делают активную эпицентральную зону к северу от озера Иссык-Куль (см. рис. 6.7.1) с ее сейсмическими событиями с высокими магнитудами ( $M > 7$ ) наиболее вероятным источником деформаций в рыхлых отложениях, исследованных в нашей работе. Хотя исследованные нами разрезы находятся на значительном расстоянии друг от друга, их региональное распространение, тем не менее, не было достаточно широким, чтобы локализовать по развитию деформаций палеоэпицентры.

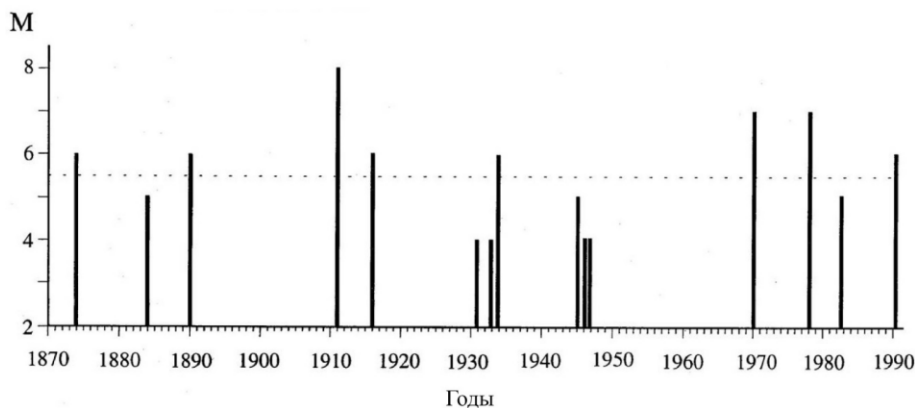


Рис. 6.7.1. Повторяемость землетрясений с  $M \geq 5.5$  - одно в каждые 14 лет.▲

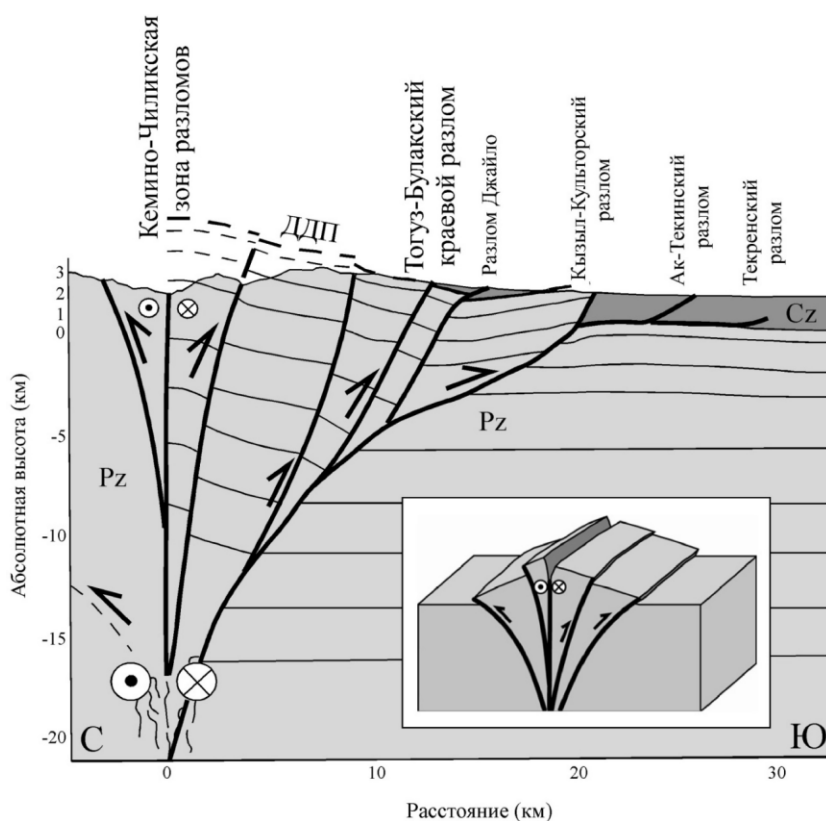
### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предварительный анализ накопленных полевых данных, собранных в одном из самых сейсмических зон земного шара позволил сделать заключение о сейсмическом триггере при формировании описанных выше деформационных структур. Rossetti (1999) применял сходную методику по выявлению сейсмического происхождения деформационных структур в бассейне Сан-Луис, Северная Бразилия. Результаты исследований позволили также сделать вывод о том, что наблюдаемые и описанные формы, скорее всего, являются сейсмитами раннеголоценового-позднеплейстоценового 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 сейсмический триггер при формировании наблюдаемых нами деформационных структур в позднечетвертичных озерных осадках Кок-Мойнокской впадины. Будущие детальные исследования сеймитов наряду с палеосейсмодислокациями, определения их абсолютного возраста, послужат надежным источником информации для определения повторяемости сильных землетрясений в четвертичное время.

## ГЛАВА 7. СЕЙМОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ОЧАГОВ ДРЕВНИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ И НОВАЯ ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ РЕГИОНА

Выявленные нами и задокументированные плоскости сейсмогенерирующих разрывов в палеосейсмологических траншеях, а также расчистках естественных обнажений не могут служить достаточным доказательством кинематики сейсмогенных подвижек в очагах древних землетрясений, располагающихся (по данным современной инструментальной сейсмологии) на глубинах в первые десятки километров. К сожалению, имеющиеся геофизические материалы по территории Иссык-Кульской впадины и ее горного обрамления скудны и неоднозначны. Однако, используя наши знания по структурной геоморфологии региона, а также методы современной структурной геологии, можно попытаться промоделировать структуру сейсмогенерирующих разломов и на глубине. Такие попытки были успешно проведены американскими молодыми учеными Ридом Бургетте [Burgette, 2008] и Джейкобом Сейландером [Selander, 2008]. Первый из них со своим научным руководителем – проф. Реем Уэлдоном-Вторым (Ray Weldon-II) работали по южному флангу Иссык-Кульской котловины. Второй исследователь со своим руководителем – проф. Майклом Оскиным (Michael Oskin) проводили исследования по северному флангу.

Геометрия разломов, ограничивающих Кунгейский и Заилийский хребты, может быть объяснена наличием круто падающих активных разломов в ядре хребтов. Взбросы, ответственные за рост указанных хребтов, имеют прямолинейное простираение в плане, особенно в области, близкой к сводам хребтов. Здесь разломы имеют сравнительно крутые падения близ поверхности. Основываясь на этих наблюдениях, Дж. Селандер [Selander, 2008] полагает, что Кунгейский и Заилийский хребты могут быть описаны как “цветочная” структура (рис. 7.1 врезка) с листрическими взбросами, которые выкручиваются с глубиной, сходясь в центральную Кемино-Чиликскую структурную зону. Используя эту модель, Дж. Селандер [Selander, 2008] построил схематический сбалансированный разрез по долине р. Тору-Айгыр (рис. 7.1) – типичный для Северо-Западного Прииссыккулья.



**Рис. 7.1.** Сбалансированный разрез по долине р. Тору-Айгыр, построенный по [Selander, 2008] с изменениями. Показаны только главные структуры. Во врезке: схематическая блок-диаграмма “цветочной” структуры с листрическими взбросами и надвигами, сливающимися на глубине в зону магистрального сдвига. ◀



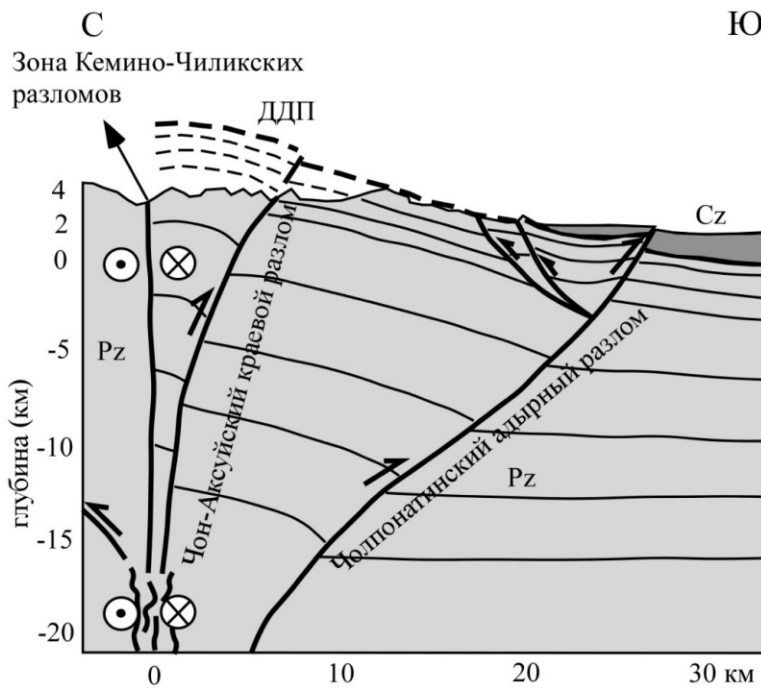


Рис. 7.2. Сбалансированный профиль через Центрально-Кунгейскую мегантиклиналь. Положение разломов на глубине предполагается исходя из взаимоотношений формы разломов и падения фрагментов древней денудационной поверхности (ДДП) (по [Selander, 2008] с изменениями). ◀

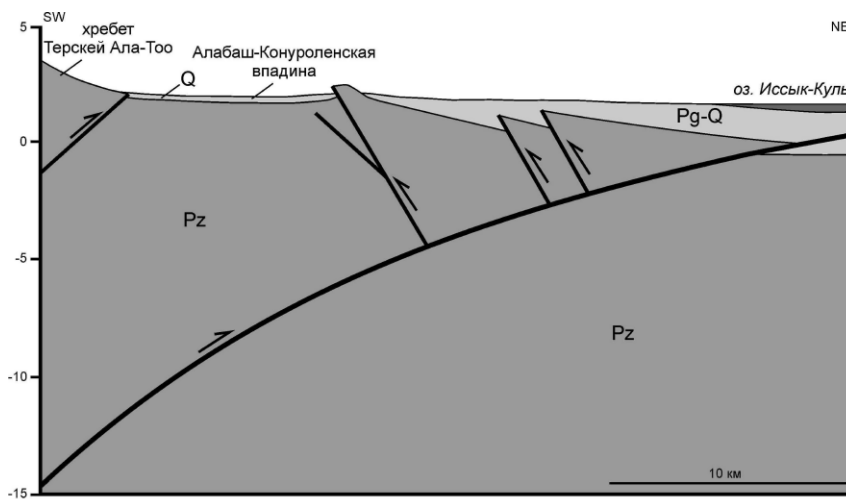
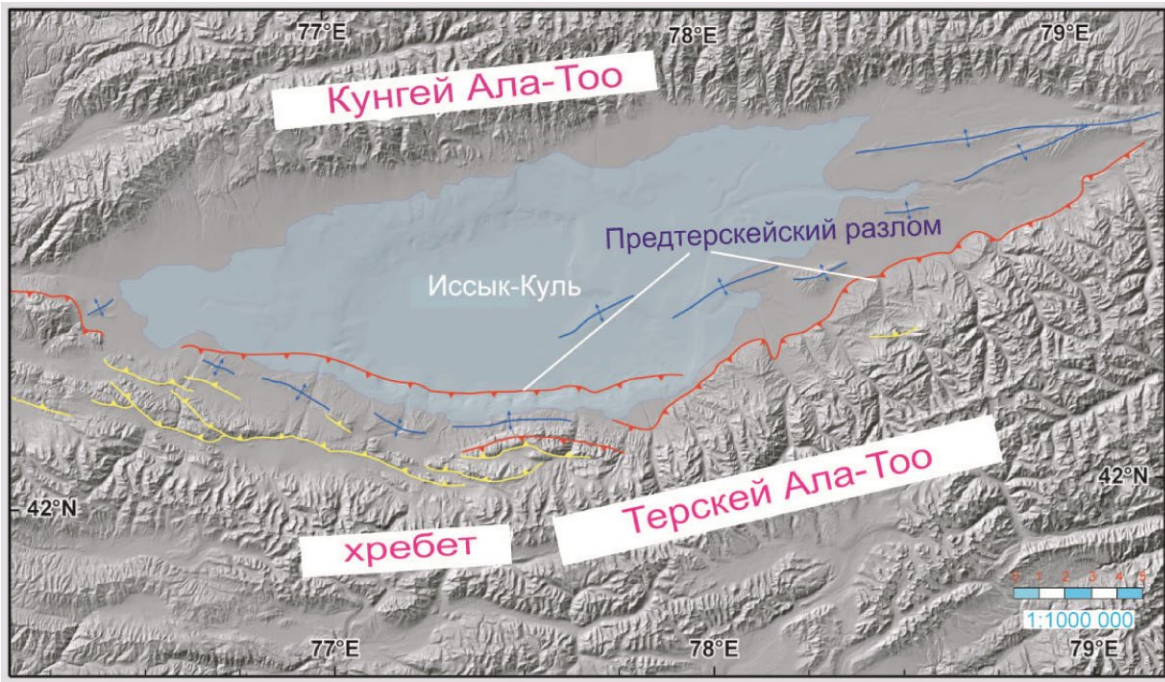


Рис. 7.3. А - Модель неотектонической структуры Южного Прииссыккуля по [Burgette, 2008] с изменениями. ◀

Аналогичная модель используется Дж. Селандером для Центрального Прииссыккуля (рис. 7.2). Здесь, однако, в тылу Чолпонатинского адырного (предгорного) разлома сформировалась синклиналичная структура, обязанная возникновению и развитию в позднечетвертичное(?)–голоценовое время вторичных разрывов – обратных надвигов северной вергентности. Для Южного Прииссыккуля наиболее подходящей моделью, по нашему мнению, является модель выполаживающегося к северу пологопадающего разлома, предложенная [Burgette, 2008]. При этом эта модель в южной части изученного нами района осложняется наличием обратных взбросов (рис. 7.3) – так называемых “поддвигов” по О.К. Чедия [1993].

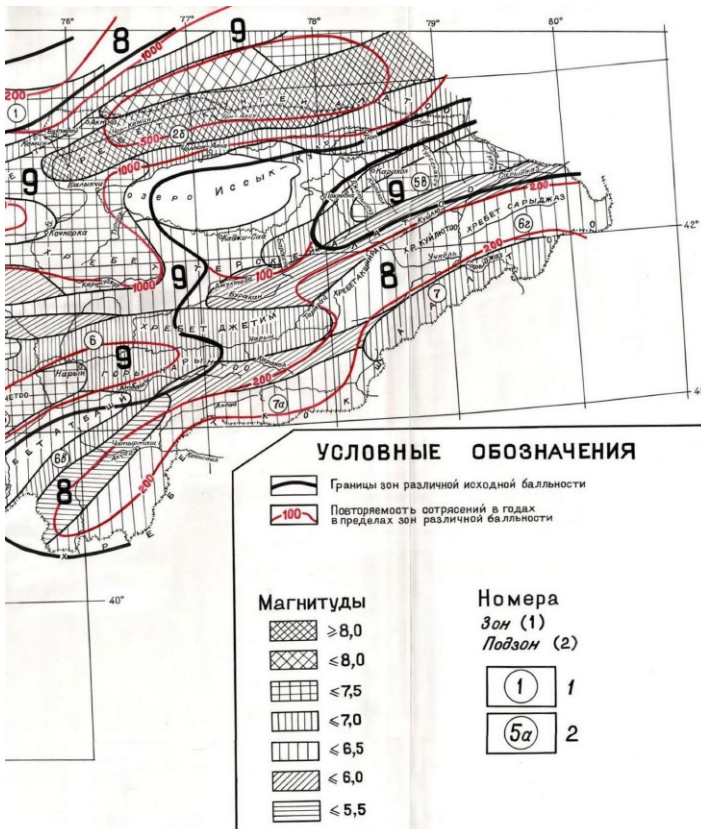
Таким образом, несмотря на кажущееся различие новейших структур в разных частях Южного Прииссыккуля, все особенности структур и механизм их формирования может быть объяснен единой моделью. При этом необходимо признать наличие единой зоны Предтерской разлома (рис. 7.4), который не является краевым в классическом понимании этого термина [Синицын, 1960], однако является долгоживущим, разделяющим структуры, на протяжении новейшего этапа отличающихся режимом движений.

Странно, что один из ведущих сейсмогеологов Киргизии второй половины 20-го века – Ч.У. Утиров не увидел явные, значительные следы сильных землетрясений в Южном Прииссыккуле. Ничего не пишет в своей диссертационной работе о присутствующих там сеймотектонических и сейсмогравитационных палеосейсмодислокациях, и американский исследователь Р. Бургетте, работавший в начале 21-го века. Это обстоятельство, по-видимому, нашло отражение



**Рис. 7.4.** Предтерсейский разлом в пределах Иссык-Кульской впадины (по [Burgette, 2008] с изменениями). Красные линии на рисунке – выход магистрального Предтерсейского разлома, желтые линии – обратные взбросы второго порядка, клювики показывают направление падение разломной плоскости. Синие линии – оси внутри-впадинных поднятий.▲

на новой Карте сейсмического районирования Кыргызской Республики 2011 г. [Абдрахматов и др., 2012], где 9-балльные сейсмические зоны показаны как в ЮВ, так и в ЮЗ частях Иссык-Кульской впадины, а на юге находится значительная брешь (рис. 7.5). Нам представляется, что это серьезная недооценка сейсмической опасности региона и на будущей карте эта ошибка будет исправлена.



**Рис. 7.5.** Восточная часть действующей “Карты сейсмического районирования территории Кыргызской Республики” (по [Абдрахматову и др., 2012]). Масштаб 1:1 000 000. Зона 9-балльных землетрясений на юге Иссык-Кульской впадины разорвана. Наши палеосейсмологические и археосейсмологические данные указывают на серьезную недооценку сейсмического потенциала котловины.◀

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

Проведенные нами исследования в Иссык-Кульской впадине с использованием современных методов палео- и археосейсмологии позволили выявить большое количество участков исторических и палеосейсмодислокаций – эпицентральных зон древних землетрясений, не известных ранее. Известные участки были дополнительно детально изучены и описаны нами.

С помощью палео- и археосейсмологического тренчинга, почти не применявшегося для исследований в котловине ранее, в отдельных местах нам удалось установить структурные особенности сейсмических разрывов в местах их выходов на земную поверхность, а также оценить магнитуду и возраст древних сейсмических катастроф. Методы археосейсмологии и выявления следов сейсмогенных конволюций в озерных осадках в исследованном регионе применялись нами впервые.

Подтвержден известный ранее факт вовлечения в поднятие бывших участков осадконакопления Иссык-Кульской впадины. Показан все более молодой возраст морфоструктур по мере продвижения от горного обрамления к центральным частям впадины. Такой же характер имеет и сейсмичность: во многих местах зоны краевых разломов не проявляют сейсмической активности, начиная со среднего плейстоцена, в то время как выход сейсмических очагов на поверхность – образование сейсмоуступов имеет место вдоль адырных (предгорных) разломов.

Доказаны и детально описаны лишь упоминавшиеся ранее факты срыва моренного материала, находящегося в неустойчивом состоянии на склонах горных хребтов, во время сильных исторических и палеоземлетрясений на Тянь-Шане и, в частности, в Иссык-Кульской котловине. Погружение под воду древних населенных пунктов (по крайней мере, вдоль северного побережья озера Иссык-Куль) происходило большей частью во время сильных исторических землетрясений, о чем свидетельствует беспорядочное расположение непогребенных человеческих останков и значительных материальных ценностей на дне озера в прибрежной полосе.

По всей видимости, смена государственных образований тюрков, караханидов и моголов происходила не без влияния последствий сильных средневековых землетрясений.

Впервые выявлена и доказана очень высокая палео- и историческая сейсмическая активность морфоструктур Южного Прииссыккуля.

Напрашивается вывод о кластерном проявлении сильной сейсмической активности в сейсмогенерирующих зонах Прииссыккуля: периоды проявления сильных землетрясений (десятки-сотни лет) сменяются периодами сейсмического затишья (тысячи лет).

Полученные данные должны быть использованы для коррекции карты сейсмического районирования территории Кыргызской Республики 2011 г. В частности, единая 9-балльная зона сейсмической интенсивности должна быть отражена в южной части Иссык-Кульской котловины.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абдрахматов К.Е., Уэлдон Р., Томпсон С., Бурбанк Д., Рубин Ч., Миллер М., Молнар П.* Происхождение, направление и скорость современного сжатия Центрального Тянь-Шаня // Геология и геофизика, 2001. Т. 42. № 10. С. 1585–1609.
- Абдрахматов К.Е., Джанузаков К.Д., Фролова А.Г., Погребной В.Н.* Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики (Объяснительная записка). Бишкек, Изд-во Илим, 2012, 51 с.
- Абдрахматов К.Е., Стром А.Л., Дельво Д., Хавенит Х.В., Виттори Е.* Временная кластеризация сильных землетрясений Северного Тянь-Шаня // Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2013. №1. С. 3-9.
- Абдыраева Б.С., Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б., Жолбулакова А.Т.* Землетрясения 20 сентября 2013 года ( $M_{p}=5.2$ ) в юго-западной части Иссык-Кульской впадины, Кыргызстан // Вестник Института сейсмологии НАН КР, 2014. № 3. С. 19-23.
- Агатова А.Р., Непон Р.К., Высоцкий Е.М.* Сейсмогравитационные палеосейсмодислокации в долине реки Чаган (Юго-Восточный Алтай) // Геоморфология, 2006, № 4, с. 53-62.
- Азыкова Э.К.* Палеоботаническая характеристика плиоценовых и раннеплейстоценовых отложений юго-востока Иссык-Кульской котловины. // Ж. Известия Киргизского Географического общества, 1970, № 8, с. 44-49. “Ак-Булун. Диалог культур” - Новый шаг в исследовании историко-культурного наследия Кыргызстана. - Бишкек, 2006
- Алешинская З.В., Бондарев Л.Г., Воскресенская Т.Н., Лефлат О.Н.* Разрез новейших отложений Иссык-Кульской впадины. Москва, Изд-во МГУ, 1971, 164 с.
- Байпаков К.М., Корженков А.М.* Археолого-сейсмологические исследования средневековых памятников Жетысу (Семиречья) на Великом Шелковом пути // Изв. МОН РК, НАН РК. Серия общественных наук. – 2000. – № 1. – С. 109–124.
- Бакиров А.Б., Королёв В.Г.* Возраст древнейших пород Тянь-Шаня. //Изв. АН СССР, №17, 1979, с.143-146.
- Бартольд В.В.* Отчет о поездке в Среднюю Азию с научной целью в 1893 — 94 годах. СПб., 1897.
- Бартольд В.В.* Отчет о поездке в Среднюю Азию с научной целью в 1893-1894 гг. Соч., т. IV. М., 1966. – С. 21-91.
- Беляева Е.И., Курдюков К.В.* О новых находках ископаемых млекопитающих в Северной Киргизии // Бюллетень КИЧП, 1963, 28, с. 76-83.
- Берг Л.С.* Озеро Иссык-Куль, “Землеведение”, XI, 1904
- Бернштам А.Н.* Архитектурные памятники Киргизии. М., 1950
- Бернштам А.Н.* Историко-археологические очерки Центрального Тянь-Шаня и Памиро-Алая // Материалы и исследования по археологии СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. №. 26. 346 с.
- Биосферная территория Иссык-Куль. Культурно-исторические памятники. Бишкек, 2002. – 80 с., илл.
- Богачкин Б.М., Корженков А.М., Мамыров Э., Нечаев Ю.В., Омуралиев М., Петросян А.Е., Плетнев К.Г., Рогожин Е.А., Чаримов Т.А.* Структура очага Сусамырского 1992 года землетрясения на основе анализа его геологических и сейсмологических проявлений // Изв. РАН. Физика Земли. - 1997. - № 11. - С. 3-18.
- Богданович К.И.* Землетрясение 22 декабря 1910 г. (4 января 1911 г.) в северных цепях Тянь-Шаня между Верным и Иссык-Кулем // Изв. Геолкома. - 1911. - Т. 30. – № 4. - С. 329-419
- Богданович К.И., Карк И.М., Корольков Б.Я., Мушкетов Д.И.* Землетрясение в северных цепях Тянь-Шаня 22 декабря 1910 г. (4 января 1911 г.). Тр. Геол. комитета. Новая серия. 1914. - Вып. 89. - СПб. - 256 с.
- Бондарев Л.Г.* Проблема 100-метровой регрессии Иссык-Куля // Геоморфологические и гидрометеорологические исследования береговой зоны озера Иссык-Куль / Под ред. В.Н. Коротаяева. - Фрунзе: Илим, 1983. - С. 58-64.
- Важенин Б.П.* Гравитационные палеосейсмодислокации роя Светлый в верховьях р. Армань (Северное Приохотье) // Технологии техносферной безопасности. 2013. № 2 (48), с. 1-10.
- Велицкий С.Н.* Землетрясение в городе Верном и Семиреченской области 22 декабря 1910 г. и 1 января 1911 г. // Изв. Императорского Русского географического общества. - 1911. - Т. 47. - Вып. I/IV. - С. 113-163.
- Вертунов Л.Н.* Литология, палеогеография и проблемы нефтегазоносности кайнозойских молассовых формаций Иссык-Кульской впадины.// Автореф. доктор. дисс., 1969, Ташкент, - 40 с.

- Винник Д.Ф.* Работы Иссык-Кульского археологического отряда в 1959 г. // Изв. АН Кирг. ССР. Серия общественных наук. Т. III, вып. 3. 1961. С. 83-102.
- Винник Д.Ф.* К исторической топографии средневековых поселений Иссык-Кульской котловины // Древняя и средневековая культура Кыргызстана. Фрунзе, Изд. Илим, 1967. – С. 91 – 113.
- Винник Д.Ф.* Археологические памятники Иссык-Кульской котловины // Известия Киргизского географического общества. Фрунзе, 1975. вып. № 12. *Винник Д.Ф.* Работы Иссык-Кульского отряда // Археологический отчет 1976 года. – М., 1977.
- Винник Д.Ф.* Работы на Иссык-Куле // Археологический отчет 1977 года. – М., 1978.
- Винник Д.Ф.* Свод памятников истории и культуры Иссык-Кульской области и Чуйской долины (памятники археологии). Сектор археологии Института истории АН Кирг. ССР. Фрунзе, Изд. Илим, 1985. 312 с.
- Винник Д.Ф., Перегудова Г.А.* К вопросу о датировке наскальных изображений Прииссыккуля // Археологические памятники Прииссыккуля. Фрунзе: Илим, 1975. С. 85–101.
- Винник Д.Ф., Лесниченко Н.С., Санарова А.В.* Работы на Иссык-Куле // Археологические открытия в 1977 году. М., Наука, 1978. – С. 568 – 560.
- Винокуров Н.И., А.М. Корженков, М.В. Родкин.* К оценке сейсмической опасности района Керченского пролива по данным археосейсмологии // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2015, т. 42. - № 2 - С. 51-66.
- Воропаева В., Джунушалиев Д., Плоских В.* История Отечества: Краткий курс лекций по истории Кыргызстана. - Бишкек: Илим, 2002. - 200 с.
- Воскресенская Т.Н.* К истории озерного бассейна озера Иссык-Куль и его эволюция в кайнозое // Геоморфологические и гидрометеорологические исследования береговой зоны озера Иссык-Куль / Под ред. В.Н. Коротаяева. - Фрунзе: Илим, 1983. - С. 65-71.
- Воскресенская Т.Н.* Особенности рельефа Иссык-Кульской межгорной впадины и эволюция озерного водоема в позднем кайнозое. // Земная поверхность, ярность рельефа и скорость рельефообразования. Иркутск, 2007, с.24-26.
- Габуня Л.Н., Девяткин Е.В., Рубинштейн М.М.* Данные об абсолютном возрасте кайнозойских континентальных образований Азии и их биостратиграфическое значение. // ДАН СССР, 1975, т. 225, № 4, с. 895-898.
- Генкина Р.З.* Ископаемая флора и стратиграфия нижнемезозойских отложений Иссык-Кульской впадины. М.: Наука, 1966, - 148 с.
- Геологическая карта СССР (масштаб 1:200 000). Лист К-44-VII.* М.: Госгеолтехиздат, 1962, - 97 с.
- Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Северо-Тянь-Шаньская. К-43-XVII.* Министерство геологии СССР. Ленинград: Картфабрика ВАГТ, 1968.
- Геологические основы сейсмического районирования Иссык-Кульской впадины.* Фрунзе: Илим, 1978, - 161 с.
- Геология СССР. Киргизская ССР, М.: Недра, 1972, т. XXV, кн. 1, геологическое описание, - 280 с.*
- Герн В.К.* Поездка в долину озера Иссык-Куль // Древности. Тр. Московского Императорского археологического общества, Т. XVI, 1900. – С. 108—116.
- Геродот.* История / Перевод и примечания Г.А. Страпоновского. Изд-во АСТ МОСКВА, 2009. 672 с.
- Горшков Г.П., В.П. Спесивцева, В.В. Попов.* Каталог землетрясений на территории СССР с 1908 по 1936 г. включительно). Вып. III. Кавказ и Средняя Азия. Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1941, 75 с.
- Граков Б.Н.* Пережитки скифских религий и эпоса у сарматов // Вестник древней истории. 1969. Вып. 3. С. 70-72.
- Григина О.М.* Палинологическая характеристика озерных четвертичных отложений Кокмойнокской впадины (Северный Тянь-Шань) // Закономерности геологического развития Тянь-Шаня в кайнозое. Фрунзе: Илим, 1973. - С. 88-94.
- Григина О.М., Фортуна А.Б.* Палеогеография Северного Тянь-Шаня в кайнозое. Фрунзе: Илим, 1981, - 194 с.
- Григоренко П.Г., Мамыров Э., Садыбакасов И., Талипов М.А., Турдукулов А.* Геолого-структурные и инженерно-геологические условия района Сыры-Камышского землетрясения. - Фрунзе: Илим, 1973. - 100 с.
- Гумилев Л.Н.* Черная легенда. Друзья и враги Великой степи. - М.: Айрис Пресс, 2003. - 576 с.
- Гутенберг Б. и Рихтер Ч.* Сейсмичность Земли. Москва: Гос. Изд-во иностранной лит-ры, 1948, 160 с.
- Дельво Д., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., Стром А.Л.* Оползни и разрывы Кеминского землетрясения 1991 г. с Ms 8.2 в Киргизии // Геология и геофизика. - 2001- Т. 42. – № 10. - С. 1667-1677.
- Детальное сейсмическое районирование Восточной Киргизии.* Фрунзе: Илим, 1988, 250 с.
- Детальное сейсмическое районирование Иссык-Кульской впадины.* Бишкек: Илим, 1993, 149 с. *Джанузаков К.Д., Ильясов Б.И.* Сарыкамышское землетрясение 5 июня 1970 г. // Землетрясения СССР в 1970 г. Москва: Наука, 1973, с. 105-117.

- Джанузаков К., Омуралиев М., Омуралиева А., Ильясов Б., Гребенникова В.В.* Сильные землетрясения Тянь-Шаня в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов стран Центральной Азии. - Бишкек: Илим, 2003. - 216 с.
- Джанузаков К., Садыкова К.А.* Макросейсмические данные о сильных и разрушительных землетрясениях // Детальное сейсмическое районирование Иссык-Кульской впадины / Под ред. К.Е. Абдрахматова. - Бишкек: Илим, 1993. - С. 68-72.
- Дмитриева Е.Л., Несмеянов С.А.* Млекопитающие и стратиграфия континентальных третичных отложений юго-востока Средней Азии. М.: Наука, 1982, - 138 с. *Жаланаши-Тюпское землетрясение* 25 марта 1978 г. Алма-Ата: Наука, 1981, 136 с.
- Жуков Ю.В.* О находке млекопитающих в коктурпакской свите хребта Кунгей Ала-Тау (Тянь-Шань). В сб.: Материалы по геологии кайнозоя и новейшей тектонике Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1970, с. 69-71.
- Зеланд Н.* С берегов Иссык-Куля // Туркестанские ведомости, № 35-36, 1891.
- Зяблин Л.П.* Средневековые курганы на Иссык-Куле // Тр. Киргизской археолого-этнографической экспедиции, т. П.М., 1959. с.139-141.177.
- Ибрагимов И.М., Талипов М.А.* К вопросу о стратиграфии кайнозойских отложений Иссык-Кульской впадины. // Новые данные по стратиграфии Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1965, с. 188- 189. *Иванов П.П.* Материалы по археологии котловины Иссык-Куля // Труды Института истории АН Кирг. ССР. Вып. III. Фрунзе, 1957.
- Кальметьева З.А., Миколайчук А.В., Молдобеков Б.Д., Мелешко А.В., Жантаев М.М., Зубович А.В.* Атлас Землетрясений Кыргызстана. Бишкек: ЦАИИЗ, 2009. 73 с.
- Кастанье И.А.* Древности Киргизской степи и Оренбургского края / Труды Оренбургской ученой комиссии. Вып. XXII. Оренбург, 1910. – 332 с., илл.
- Киселёв В.В., Королёв В.Г., Нурманбетов К.* Каледонская структура Терской Ала-Тоо и основные особенности ее развития. Фрунзе: Илим, 1970, с.36-61.
- Киселёв В.В., Королёв В.Г.* Тектоника докембрия Средней Азии и Центрального Казахстана. Фрунзе: Илим, 1972, 79 с.
- Кнауф В.И., Королёв В.Г.* Северо-Тяньшаньская складчатая система, Сырдарьинский и Муонкумский массивы. Структура фундамента платформенных областей СССР. Ленинград: Наука, 1974, с.163-173.
- Кнауф В.И., Кузнецов М.П., Нурманбетов К., Христов Е.В., Шилов Г.Г.* Домезозойские структуры и сейсмичность Киргизии. Фрунзе: Илим, 1981, 74 с.
- Кожемяко П.Н.* Раннесредневековые города и поселения Чуйской долины. Фрунзе. 1959.
- Кожемяко П.Н.* Оседлые поселения Таласской долины / П.Н. Кожемяко (ред.) Археологические памятники Таласской долины. Фрунзе: Изд-во АН Киргизской ССР, 1963. С. 145-224.
- Колтаковский А.* О древних постройках, найденных на озере Иссык-Куль // Изв. РГО. Т. VI, 1870. Отд. 2.
- Конурбаев А., Мокрынин В., Плоских В.* Город великого путешественника. Бишкек: Илим, 1994. 80 с.
- Корженков А.М.* Особенности строения и формирования морфоструктур на юго-западе Иссык-Кульской впадины // Изв. АН Кирг. ССР, № 2, 1987 г. С. 54-59.
- Корженков А.М.* Морфоструктура и сейсмичность Кочкорской впадины и ее горного обрамления (Северный Тянь-Шань) // Изв. НАН КР. - 1999. – № 3-4. - С. 33-39.
- Корженков А.М.* Тектоника кайнозоя и сейсмичность северо-западной части Иссык-Кульской впадины (Тянь-Шань) // Геология и геофизика. - 2000, Т. 41. – № 7. - С. 971-982.
- Корженков А.М.* Сейсмогеология Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов). Бишкек: Илим, 2006. 289 с.
- Корженков А.М., Абдиева С.В., Вахрамеева П.С., Джумабаева А.Б., Мамыров Э., Морозова Е.А., Орлова Л.А., Фортуна А.Б.* Сильные исторические землетрясения на Северо-Западе Иссык-Кульской впадины (Северный Тянь-Шань) // Геология и геофизика, 2011. т. 52. № 9. С. 1276-1286.
- Корженков А.М., Абдиева С.В., Мажейка Й., Муралиев А.М., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А., Юдахин А.С.* О неизвестных сильных голоценовых землетрясениях на юге Иссык-Кульской котловины, Тянь-Шань // Вопросы инженерной сейсмологии, 2014. Т. 41. № 2. С. 30-40.
- Корженков А.М., С.В. Абдиева, А.Б. Фортуна, Т.А. Чаримов, А.С. Юдахин.* Сейсмически мобилизованные морены в Тянь-Шане // Геология и геофизика. 2015, т. 56, № 10.
- Корженков А.М., М.А. Аванесян, А.А. Варданян, А. Вирджино.* О следах землетрясений IX в. в развалинах Двина – древней столицы Армении // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42. № 1. С. 5-18.
- Корженков А.М., С.В. Абдиева, А.Б. Фортуна, Т.А. Чаримов, А.С. Юдахин* Сейсмически мобилизованные морены в Тянь-Шане // Геология и геофизика. – 2015, т. 56. - № 10. - С. 1871-1881.
- Корженков А.М., Бауман Д., Омуралиев М., Хасельтон К.* Следы древних сильных землетрясений в отложениях озера Иссык-Куль // Изв. РГО. - 1999. – Т. 131. - Вып. 4. - С. 48-55.

- Корженков А.М., В.А. Кольченко, Д.В. Лужанский, С.В. Абдиева, Е.В. Деев, Й.В. Мажейка, Е.А. Рогожин, С.Н. Родина, М.В. Родкин, А.Б. Фортуна, Т.А. Чаримов, А.С. Юдахин. Археосейсмологические исследования и структурная позиция средневековых землетрясений на юге Иссык-Кульской Впадины (Тянь-Шань) // Физика Земли, 2016, № 2, с. 71-86.
- Корженков А.М., В.А. Кольченко, Д.В. Лужанский, Е.А. Рогожин, М. Казмер, Й.В. Мажейка, Е.В. Деев, А.Б. Фортуна, Д. Шен, А.С. Юдахин, С.В. Абдиева, С.Н. Родина. Археосейсмологическое исследование Курментинского средневекового городища (Северо-Восточное Прииссыккулье, Кыргызстан) // Вопросы инженерной сейсмологии. - 2015, т. 42. - № 1. - С. 70-81.
- Корженков А.М., В.А. Кольченко, Ф.Г. Ротт, С.В. Абдиева. О сильном средневековом землетрясении в Чуйской впадине, Кыргызстан // Геотектоника, 2012, № 4, с. 62-74.
- Корженков А.М. Мазор Э. Признаки сейсмических повреждений в руинах древних городов в пустыне Негев // Геотектоника. 2013. №1, с. 59-73
- Корженков А.М., Мамыров Э., Поволоцкая И.Э., Табалдиев К., Эрроусмит Р. Сейсмический генезис разрушений Каменской средневековой крепости, Северное Прииссыккулье // Изв. вузов. - 2004. - № 6. - С. 32-36.
- Корженков А.М., Мамыров Э., Поволоцкая И.Э., Табалдиев К., Эрроусмит Р. Сейсмический генезис разрушений Каменской средневековой крепости, Северное Прииссыккулье // Вестник КРСУ. - 2005. - Т. 5. - № 1. - С. 86-88.
- Корженков А.М., Муралиев А.М., Ормуков Ч.О., Сейталиев М.М., Джумабаева А.Б., Гребенникова В.В. Макросейсмическое обследование Кочкорского землетрясения 28 декабря 2006 года ( $M=5.5$ ,  $K=14$ ,  $I_0=7$ ) в Северном Кыргызстане // Наука и новые технологии, 2006, № 3-4, с. 219-225.
- Корженков А.М., Поволоцкая И.Э., Мамыров Э. Морфологическое выражение четвертичной деформации в северо-западных предгорьях Иссыккульской впадины Тянь-Шаня // Геотектоника, 2007, № 2, с. 53-72.
- Корженков А.М., Рогожин Е.А., Абдиева С.В., Лужанский Д.В., Юдахин А.С., Мажейка Й., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А., Деев Е.В. О средневековых землетрясениях Прииссыккуля (Тянь-Шань) по данным археосейсмологии // Материалы Шестого международного симпозиума "Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов" (23-29 июня, 2014, г. Бишкек), с. 376-379.
- Корженков А.М., Е.А. Рогожин, Е.В. Деев, Е.Ю. Казанцева, А.С. Гладков, Й.В. Мажейка, С.В. Абдиева, А.Б. Фортуна, Т.А. Чаримов, А.С. Юдахин. О неодоцененной сейсмической опасности Южного Прииссыккуля, Кыргызстан // Активные разломы и их значение для оценки сейсмической опасности: современное состояние проблемы. Материалы XIX научной практической конференции смеждународным участием, посвященной памяти ученого геолога-геофизика Ю.К. Щукина (7-10 окт. 2014 г.). Воронеж, изд-во "Научная книга". 2014. С. 163-168.
- Корженков А.М., Рогожин Е.А., Деев Е.В., Абдиева С.В., Лужанский Д.В., Юдахин А.С., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А., Мажейка Й. "О высоком сейсмическом потенциале на юге Иссык-Кульской впадины, Тянь-Шань // Материалы Шестого международного симпозиума "Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов" (23-29 июня, 2014, г. Бишкек), с. 373-375.
- Корженков А.М., Рогожин Е.А., Шен Ю., Деев Е.В., Абдиева С.В., Фортуна А.Б., Муралиев А.М., Чаримов Т.А., Юдахин А.С., Мажейка Й. Палеосейсмологические и археосейсмологические исследования по международным проектам РФФИ // Вестник РФФИ, 2014б. № 1 (81). С. 15-20.
- Корженков А.М., Савельева Т.В., Чанг К. Геоморфологические и археосейсмологические исследования Талгарского аллювиального конуса выноса // Изв. МОН РК, НАН РК. Серия общественных наук. - 2000. - № 1. - С. 101-109.
- Корженков А.М., К.Ш. Табалдиев, Ал.В. Бобровский, Ар.В. Бобровский, Э.М. Мамыров, Л.А. Орлова. Макросейсмические исследования Талды-Сайского караван-сарая (долина реки Кара-Бура, Талаская область, Киргизия) // Геология и Геофизика, 2009, т. 50, № 1, с. 79-87.
- Корженков А.М., Фортуна А.Б. О возрасте нижней части коктурпакской свиты в Северо-Восточном Тянь-Шане по данным трекового метода осколков деления // Ж. Геология и разведка, М., 2002, № 1, с. 22-30.
- Корженков А.М., Юдахин А.С. Геологические памятники Иссык-Кульской котловины, Северный Тянь-Шань // Известия ВУЗов, № 6, 2011, с. 52-59
- Королев В.Г. Об унаследованном характере некоторых мезо-кайнозойских впадин Северного Тянь-Шаня. //Тр.ИГ АН Кирг.ССР, 1956, вып.7, с.87-94.
- Костенко Н.Н. Палеогеография бассейна озера Иссык-Куль в кайнозойскую эру // Жур. Известия АН Кирг. ССР, 1978, № 1, с. 18-25.
- Крылов А.Я. Абсолютный возраст пород Центрального Тянь-Шаня и применение аргонового метода к метаморфическим и осадочным породам // Доклады советских геологов на МГК, XXI сессия. М.: АН СССР, 1960, с. 222-244.
- Кузнецов В.В., Карабалаев К.К., Ибрагимов И.М. Ископаемая наземная черепаха из Киргизии // Материалы по геологии Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1964, с. 135-146.

- Культурно-исторические памятники* — Бишкек, 2003.
- Кыргыз-Турк “Манас” университетиндеги археологиялык изилдоолор* – Бишкек, 2010.
- Лемзин И.Н., Фортгуна А.Б. Кайнозойские базальты Тянь-Шаня и их особенности. // Геолого-геофизические исследования в ин-те сейсмол. НАН КР. Бишкек: АСКО, 2006, с. 77-83
- Макаров В.И. Новейшая тектоническая структура Центрального Тянь-Шаня. - М., Наука, 1977. - 172 с.
- Мокрынин В.М., Плоских В.М. На берегах Иссык-Куля. - Бишкек: Илим, 1992
- Максимов Е.В., Михайлов Н.Н., Козырева М.Г., Свистунов Е.Е. Конечные морены и радиоуглеродный возраст почв Тянь-Шаня, Южного Алтая и Саура // Вестник Ленинградского университета. Серия 7: География. 1987. Вып. 1(№ 7). С. 28-38.
- Марков К.К. (ред.) Разрез новейших отложений Иссык-Кульской впадины. Москва, Изд-во МГУ, 1971, 164 с.
- Мушкетов И.В. Верненское землетрясение 28 мая (9-го июня) 1887 г. // Труды Геологического комитета. - Т. X. – № 1. - СПб, 1890. - 154 с.
- Мушкетов И.В. Материалы по изучению землетрясений России. - Вып. 1 // Изв. Русского географического общества. – 1891. - 62 с.
- Мушкетов И.В. Чиликское землетрясение 30 апреля 1889 г. Материалы для изучения землетрясений в России. Часть 1-2 // Изв. Русского геогр. общ. - 1899. - 106 с.
- Мушкетов И.В., Орлов А.Н. Каталог землетрясений Российской империи // Записки Русского географического общества. - 1893. - Т. 26.- СПб. - 582 с.
- Насриддинов Ш. Н. Баня для паломников Шахи-Зинды (XV век) / Ш. Н. Насриддинов // Молодой ученый. — 2014. — №4. — С. 759-761
- Несмеянов С.А., Решетов В.Ю., Шмидт Т.А. О фауне и возрасте нового местонахождения палеогеновых млекопитающих в Киргизии // Бюлл. МОИП, 1977, т. 52, вып. 2, с. 83-86. Никонов А.А. Развитие палеосейсмогеологического метода для оценки сейсмической опасности Средней Азии // Геолого-геофизическое изучение сейсмоопасных зон. – Фрунзе: Илим, 1984. - С. 192-203.
- Никонов А.А., Ваков А.В., Веселов И.А. Сейсмоструктура и землетрясения в зоне сближения Памира и Тянь-Шаня. - М.: Наука, 1983. - 240 с.
- Нурманбетов К. Домезозойские структуры Иссык-Кульского региона и их сейсмический потенциал. //Изв. НАН КР, №3, 2012, с.50-56.
- Нурманбетов К. Кеминская зона каледонид Северного Тянь-Шаня. //Наука и новые технологии, №2, 2014, с.48-51.
- 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.
- Открытие древностей Иссык-Куля* // Археологические памятники Прииссыккуля / Под ред. П.Н. Кожемяко и Д.Ф. Винника. -Фрунзе, 1975.
- Оценка вероятной сейсмической опасности территории Кыргызстана на период 10 лет и 50 лет (2012-2021 и 2012-2061 годы)*. Составление новой карты сейсмического районирования территории Кыргызской Республики в масштабе 1:1 000 000. Заключительный отчет. Руководитель НИР К.Е. Абдрахматов. Бишкек. 2011 г. 239 с. Фонды Института сейсмологии НАН КР.
- Плоских В.М. Киргизский корук Туура-Суу / П.Н. Кожемяко, Д.Ф. Винник (ред.) Археологические памятники Прииссыккуля. Фрунзе: Илим, 1975. С. 145–159.
- Поволоцкая И.Э., А.М. Корженков, Э.М. Мамыров. Следы сильных землетрясений в озерных осадках Кок-Мойнокской впадины (Северный Тянь-Шань) // Геология и Геофизика, 2006, т. 47, № 9, с. 1024-1035.
- Помазков К.Д. К истории формирования сиенитового массива Кзыл-Омпул в Северном Тянь-Шане. - Изв. АН КиргССР, серия естеств. п техн. наук, 1960.
- Помазков К.Д. Кунгейский неотектонический шарьяж.// Тр. УГ и ОН при Сов. Мин. Кирг. ССР, сб.1, 1960, с. 130-134.
- Помазков К.Д. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Сер. Северо-Тянь-Шаньская. К-43-ХVII, 1968.
- Разрез новейших отложений Иссык-Кульской впадины*. Под ред. К.К. Маркова.// М.: МГУ, 1971, - 164 с.
- Рейснер Г.И., Йогансон Л.И. Комплексная типизация земной коры как основа для решения фундаментальных и прикладных задач. Статья 1 и 2, Бюлл.МОИП, , 1997, отд.геол., т.72, вып.3, с.5-13
- Рябинин А.Н. Новая черепаха из нижнетретичных отложений Семиречья.// Ж. Известия геолкома, 1927, т. 46, № 3, с. 63-69.
- Сейсмическое районирование территории СССР*. Методические основы и региональное описание Карты 1978 г. / Под ред. В.И. Буне, Г.П. Горшкова. - М.: Наука, 1980. - 308 с.
- Сикстель Т.А. К стратиграфии меловых и третичных отложений бассейна оз. Иссык-Куль.// Ж. За недра Средней Азии, 1934, № 4, с. 59-62.
- Симонов В.А., Миколайчук А.В., Ковязин С.В., Травин А.В., Буслов М.М., Собел Е.Р. Мезо-кайнозойский плюмовый магнетизм Центрального Тянь-Шаня: возрастные и физико-химические характеристики



- ки.// Геодинамика и геоэкология высокогорных регионов в XXI веке. Бишкек-Москва, 2005, с. 182-186. *Синицин Н.М.* Тектоника горного обрамления Ферганы. - М.-Л., 1960. - 220 с.
- Солоненко В.П.* Определение эпицентральных зон землетрясений по геологическим признакам // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. - 1962. - № 11. - С. 58-74.
- Солоненко В.П.* Палеосейсмологический метод // Сильные землетрясения Средней Азии и Казахстана. - Душанбе: Дониш, 1970. - Т. 1. - С. 83-93.
- Солоненко В.П.* Палеосейсмогеология // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. - 1973. - № 9. - С. 3-16.
- Солоненко В.П. и Хромовских В.С.* Палеосейсмологические и сеймотектонические основы сейсмического районирования Большого Кавказа // Сеймотектоника южных районов СССР: Сб. - М.: Наука, 1978. - С. 48-63.
- Сорокин Н.В.* Путешествие по Русскому Тянь-Шаню в 1884 г. // Изв. РГО, т. XXI, 1885. - С. 113 - 133.
- Степленков А.П.* Последнее оледенение Прииссыккульского района Тянь-Шаня и взаимодействие ледников с озерным бассейном. Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. ИГ РАН, Москва, 1992, 23 с.
- Стратифицированные и интрузивные образования Киргизии.* Фрунзе: Илим, 1982, кн.1, 370 с.
- Стрельцов Е.А., Семилетов Д.К., Степанов Е.А.* Отчет о результатах комплексной геолого-гидрогеологической съемки масштаба 1: 50000 в Джеты-Огузском и Тюпском районах. Три тома. Фрунзе, 1977 г. Фонды Геологического управления Кыргызской Республики. *Стрельцов Е.А., Степанов Е.А.* О находке ископаемых остатков млекопитающих в горах Ичке-Тосма // Северный Тянь-Шань в кайнозое. Фрунзе: Илим, 1979, с. 17-20.
- Стром А.Л., Никонов А.А.* Соотношения между параметрами сейсмогенных разрывов и магнитудой землетрясений // Физика Земли. - 1997. - № 12. - С. 55-67.
- Тарасов С.А.* К вопросу о палеонтологическом обосновании стратиграфии отложений кайнозоя Киргизии.// Материалы по геологии Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1964, с. 135-146. *Тектоническая карта Кыргызской ССР.* Масштаб 1:500 000. Объяснительная записка. Фрунзе: Илим, 1987, 86 с.
- Трифонов В.Г.* Особенности развития активных разломов // Геотектоника. - 1985. - № 2. - С. 16-26.
- Трофимов А.К.* Четвертичные отложения Иссык-Кульской впадины в связи с ее тектоникой // Изв. АН Кирг. ССР. - 1990. - № 1. - С. 87-95.
- Трофимов А.К.* Палеотектоника кайнозоя и новейшая геодинамика бассейна озера Иссык-Куль. В сб.: Тянь-Шань в эпоху новейшего горообразования. Бишкек: Илим, 1994, с. 104-115.
- Труды Семиреченской археологической экспедиции "Чуйская долина".* МИА, № 26, М.-Л., 1950.
- Турбин Л.И., Александрова Н.В., Конюхов А.Г.* Палеоген и неоген Северо-Восточной Киргизии.// Геология СССР. Кыргызская ССР, т. XXV. М.: Недра, 1972, с. 256-268.
- Туркестанские ведомости,* № 31, 1887
- Турутанова-Кетова А.И.* Материалы к познанию юрской флоры бассейна озера Иссык-Куль в Кыргызской ССР.// Труды геологического музея АН СССР, 1931, № 8.
- Улеманн К., Винник Д.Ф., Ысманова К.Ы.* Биосферная территория Ысык-Кель. Культурно-исторические памятники. Бишкек: Изд-во ГТЦ, 2003, 88 с.
- Утиров Ч.У.* Сейсмодислокации. Геологические основы сейсмического районирования Иссык-Кульской впадины. - Фрунзе: Илим, 1978. - С. 91-111.
- Утиров Ч.У.* Сейсмодислокации и палеосейсмодислокации // Детальное сейсмическое районирование Иссык-Кульской впадины / Под ред. К.Е. Абдрахматова. - Бишкек: Илим, 1993. - С. 113-125.
- Фетисов А.* Экскурсия в горы Заилийского, Терской и Кунгей-Ала-Тая // Туркестанские ведомости, 1878, № 4.
- Флоренсов М.А.* О неотектонике и сейсмичности Монголо-Байкальской горной области // Изв. СО АН СССР. Серия Геология и геофизика. - 1960. - № 1. - С. 74-90.
- Фортуна А.Б.* Результаты спорово-пыльцевых исследований полного разреза палеоген-неогеновых отложений восточной части Иссык-Кульской впадины.// Дисперсные остатки ископаемых растений Киргизии. Фрунзе: Илим, 1971, с. 91-98.
- Фортуна А.Б.* Мезозойские и палеоген-неогеновые отложения // Детальное сейсмическое районирование Иссык-Кульской впадины / Под ред. К.Е. Абдрахматова. - Бишкек: Илим, 1993. - С. 11-15.
- Фортуна А.Б., Джумабаева А.Б.* Результаты изучения кайнозойских отложений площади Чолпон-Ата, Северное Прииссыккулье // Известия НАН КР, 2011, № 2, сер. физ.-тех., матем., горно-геол. наук, с. 87-91
- Фортуна А.Б., Лемзин И.Н.* Отложения покрова. Палеоген-неогеновые отложения. // Детальное сейсмическое районирование Восточной Киргизии. Фрунзе: Илим, 1988, с. 43-52.
- Фортуна А.Б., Абдиева С.В., Керимбаева Д., Корженков А.М.* Мезозой-кайнозойские отложения Южного Прииссыккуля // Наука и новые технологии, Бишкек, 2010, № 1, с.25-31.
- Фортуна А.Б., Абдиева С.В., Керимбаева Д., Корженков А.М., Чаримов Т.А.* Стратиграфия и палеогеографические условия формирования кайнозойских отложений Иссык-Кульской впадины // Известия ВУЗов, Бишкек, 2011, № 2, с. 67-76.
- Хромовских В.С., Никонов А.А.* По следам сильных землетрясений. - М.: Наука, 1984. - 145 с.

- Чаримов Т.А., Поволоцкая И.Э., Корженков А.М. Сейсмодислокации Северного Тянь-Шаня // Изв. вузов. - 2005. - № 1. - С. 211-229.
- Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. - Фрунзе: Илим, 1986. - 316 с.
- Чедия О.К., Джумадылова Ч.К., Трунилин С.И. Предтерекский краевой разлом в междуречье Джетыгуз-Тосор // Известия АН Кирг. ССР. Физ.-тех. и матем. науки. № 1, 1988, с. 79-88.
- Чедия О.К. Краевые разломы // Детальное сейсмическое районирование Иссык-Кульской впадины / Под ред. К.Е. Абдрахматова. - Бишкек: Илим, 1993. - С. 23-38.
- 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.
- Чедия О.К., Корженков А.М. Сейсмогравитационный рельеф в горных областях. В сб.: Генезис рельефа. Тезисы докладов Иркутского геоморфологического семинара. Иркутск: Изд. ИЗК СО РАН, 1995, с. 62-64.
- Чедия О.К., Корженков А.М. О долговременном сохранении в рельефе следов древних сейсмических катастроф (на примере Чилико-Кеминской сейсмогенерирующей зоны Северного Тянь-Шаня) // Геоморфология. - 1997. - № 3. - С. 88-98.
- Чедия О.К., Язовский В.М., Фортуна Ф.Б. О стратиграфическом расчленении Киргизского красноцветного комплекса в Чуйской впадине и ее горном обрамлении // Закономерности геологического развития Тянь-Шаня в кайнозое. - Фрунзе: Илим, 1973.
- Чуйская долина. Труды Семиреченской археологической экспедиции. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1950. - 158 с., илл.
- Шмидт Г.А. Роль тектонических разрывов в образовании и размещении сейсмодислокаций (на примере Прииссыккуля). — Реф. инф. ЦИНИС Госстроя СССР, №2(55), 1977, с.42-45.
- Шульц С.С. Третичные отложения Северной Киргизии. // Геология СССР. Киргизская ССР, т. XXV. М.: Госнаучтехиздат, 1954, ч. 1, с. 490-527.
- Шумова Г.М. Палинология стратотипов шарпылдакской и джергаланской свит Иссык-Кульской впадины в свете новых данных. М.: ВИНТИ, 1989, - 29 с.
- Ысык-Көл. Нарын: Энциклопедия. - Фрунзе: Гл. ред. КСЭ, 1991 - 512 с.
- Эрроусмит Р., Кросби К., Корженков А.М., Мамыров Э.М. Сейсмические параметры Кеминского (Кеминского) землетрясения 1911 г. в Северном Тянь-Шане // Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов: Материалы 5 Междунар. симпозиума, г. Бишкек, 19-24 июня 2011 г. В 2 т. Т. 1. - Бишкек: НС РАН, 2012, С. 102-108.
- Юдахин К.К. Киргизско-русский словарь. М.: Советская энциклопедия, 1965. Кн. 1. 503 с.
- Юдахин Ф.Н. Геофизические поля, глубинное строение и сейсмичность Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1983, 315 с.
- Язовский В.М. Схема стратиграфии палеоген-неогеновых отложений Северной Киргизия // Северный Тянь-Шань в кайнозое. Фрунзе: Илим, 1979, с. 3-16.
- Язовский В.М., Феоктистов Ю.М. К геологии палеоген-неогеновых отложений Кокмойнокской впадины (Северный Тянь-Шань) // Закономерности геологического развития Тянь-Шаня в кайнозое. - Фрунзе: Илим, 1973. - С. 65-78.
- Aitken M. J. An Introduction to Optical Dating. Oxford: Oxford Univ. Press. 1998. 158 p.
- Allen J.R.L. The possible mechanics of convolute lamination in graded sand beds // Journal of the Geological Society. -1977. - V. 134. - P. 19-31.
- Allen J.R.L. Earthquake magnitude-frequency, epicentral distance and soft sediment deformation in sedimentary basins // Sediment. Geol. - 1986. -vol. 43. - P. 67-75.
- Al-Tarazi E., Korjenkov A.M. 2007. Archeoseismological investigation of the ancient Ayla cite in the city of Aqaba, Jordan // Natural Hazards. Vol. 42. P. 47-66.
- Anand A., Jain A.K. Earthquakes and deformational structures (seismites) in Holocene sediments from the Himalayan-Andaman Arc, India // Tectonophysics. - 1987. - V. 133. - P. 105-120.
- Archaeoseismology. S. Stiros and R.E. Jones - eds. British School at Athens. Fitch Laboratory Occasional Pappers. 1996. 268 p.
- Arnold C. Architectural considerations // The Seismic Design Handbook. New York. Chapman and Hall Publishers, 1989, p. 142-170.
- Arrowsmith J.R., Crosby C.J., Korjenkov A.M., Mamurov E., and Povolotskaya I.E. Surface rupture along the Chon Aksuu and Aksu (eastern) segments of the 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Tien Shan, Kyrgyzstan. // EOS Trans. AGU. - 2004. - V. 85 (47), Fall Meet. Suppl., Abstract T14C-02.
- Arrowsmith J.R., Crosby C.J., Korjenkov A.M., Mamurov E., and Povolotskaya I.E. Surface rupture of 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Eos Trans. AGU, 2005, 86 (52), Fall Meet. Suppl., Abstract T51F-05.
- Arslanov Kh.A. and Svezhentsev Yu.S. An improved method for radiocarbon dating fossil bones // Radiocarbon. 1993. V. 35, N3. P. 387-391.

- Botter-Jensen L., Ditlefsen C., Mejdahl, V.* Combined OSL (infrared) and TL studies of feldspars // Nuclear Tracks and Radiation Measurements. - 1991. – V. 18. - P. 257-264.
- Bowman D., Korjenkov A. and Porat N.* Late-Pleistocene seismites from Lake Issyk-Kul, the Tien Shan range, Kyrgyzstan // Sedimentary Geology. - 2004a. - vol. 163. - P. 211-228.
- 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. - 2004 b. - vol. 63. - P. 1-24.
- Bronk Ramsey C.*, 2013. OxCal Version 4.2.2. University of Oxford Radiocarbon Accelerator Unit. Computer Program, Available at: [c14.arch.ox.ac.uk/embed.php?File=oxcal.html](http://c14.arch.ox.ac.uk/embed.php?File=oxcal.html).
- Burgette R.J.* 2008. Uplift in response to tectonic convergence: The Kyrgyz Tien Shan and Cascadia subduction zone. Ph.D. Thesis. University of Oregon, USA. 242 p.
- Buslov M.M., J. De Grave, E.A. Bataleva, V.Yu. Batalev.* Cenozoic tectonic and geodynamic evolution of the Kyrgyz Tien Shan Mountains: A review of geological, thermochronological and geophysical data // Journal of Asian Earth Sciences, vol. 29, 2007, p. 205–214.
- Calgue J.J., Naesgaard E., Sy A.* Liquefaction features on the Fraser delta: Evidence for Prehistoric earthquakes? // Can. J. Earth Sci. - 1992. – V. 29. - P. 1734-1745.
- Chediya O.K., Abdrakhmatov K.E., Korzhenkov A.M., Lemzin I.N.* Seismotectonic position of the Balasogun, north Tien Shan earthquake of the 15th century // Journal of Earthquake Prediction Research. - 1998. – V. 7. - P. 289-299.
- Cojan I., Thiry M.* Seismically-induced deformation structures in Oligocene shallow-marine and aeolian coastal sands (Paris basin) // Tectonophysics. - 1992. – V. 206. - P. 79-89.
- Crosby, C. J., Arrowsmith, J.R., Korjenkov, A. M., Guralnik, B., Mamyrov, E., Povolotskaya, I. E.*, 2007. The Hunt for Surface Rupture From the 1889 Ms 8.3 Chilik Earthquake, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan and Kazakhstan: Eos Trans. AGU, 88 (52), Fall Meet. Suppl., Abstract T23D-1635.
- Deev E.V. and Korzhenkov A.M.* 2016. Paleoseismological studies in the epicentral area of the 1911 Kemin earthquake (northern Tien Shan) // Russian Geology and Geophysics, vol. 57, p. 207-226.
- Delvaux D., Cloetingh S., Beekman F., Sokoutis D., Burov E., Buslov M.M., Abdrakhmatov K.E.* Basin evolution in a folding lithosphere: Altai–Sayan and Tien Shan belts in Central Asia // Tectonophysics, 2013. V. 602. P. 194–222.
- Duller G.A.T.* Luminescence dating of sediments using single aliquots: New procedures // Quaternary Geochronology (Quaternary Science Review). - 1994. - Vol. 13. - P. 149-156.
- Dzulynski S., Smith A.J.* Sedimentary features of flysch and Greywackes // Developments in Sedimentology. - 1965. – V. 7. - P. 81-108.
- Erfurt J., Averianov A., Buchantschenko J., Fortuna A.* Rediscovery of the Eocene mammal site Toru Ajgyr (Kyrgyzstan).// Hallesches Jahrbuch fur Geowissenschaften. Reihe B: Geologie, Palaontologie, Mineralogie. Halle, 1999, b. 21, pp. 107-128.
- Fortuna A., Erfurt J.* Preliminary investigations of the Paleogene flora of Toru Ajgyr (Kyrgyzstan).// J. Hallesches Jahrbuch fur Geowissenschaften. Halle, 2006, b. 22, pp. 73-84.
- Galli P.* New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction // Tectonophysics. - 2000. – V. 324. - P. 169-187.
- 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 Suusamy, Kyrgyzstan, earthquake in the Tien-Shan :2. Aftershock Focal Mechanisms and Surface Deformation // Bull. Seism. Soc. Amer. - 1997. - Vol. 87. - P. 23-38.
- Gupta S.K. and Polach H.A.* Radiocarbon Dating Practices at ANU // National Library of Australia Cataloguing and Publication Data. 1985. P. 176.
- Hempton M.R., Dewey J.F.* Earthquake-induced deformational structures in young lacustrine sediments, East-Anatolia Fault, Southeast Turkey // Tectonophysics. - 1983. – V. 98. – T7-T14.
- Jones A.P., Omoto K.* Towards establishing criteria for identifying trigger mechanisms for soft-sediment deformations: a case study of Lat Pleistocene lacustrine sands and clays, Onikobe and Nakayamadaira Basins, Northeastern Japan // Sedimentology. - 2000. – V. 47. - P. 1211-1226.
- Keunen P.H.* Experiments in Geology // Geol. Mag. - 1958. – V. 23. - P. 1-28.
- Klinger Y., J.P. Avouac, L. Dorbath, N. Abou Karaki and N. Tisnerat.* 2000. Seismic behaviour of the Dead Sea fault along Araba valley, Jordan // Geophys. J. Int. Vol. 142, No. 3, p. 769-782.
- Kondorskaya N.V., Shebalin N.V.* New Catalog of Strong Earthquakes in the USSR from Ancient Times though 1977 / World Data Center A for Solid Earth Geophysics. – Boulder, Colorado, 1982. - 608 p.
- Korzhenkov A.M.* Seismogenic convolutions in the lacustrine deposits of the Issyk-Kul Lake, the Tien Shan // Journal of Earthquake Prediction Research. - 2000. - V. 8. - P. 514-519.
- Korzhenkov A.M., J.R. Arrowsmith, C. Crosby, E. Mamyrov, L.A. Orlova, I.E. Povolotskaya, K. Tabaldiev.* Seismogenic destruction of the Kamenka medieval fortress, northern Issyk-Kul region, Tien Shan (Kyrgyzstan) // Journal of Seismology, 2006, No. 10, p. 431-442.

- Korjenkov A., Baipakov K., Chang C., Peshkov Yu., Savelieva T.* Traces of ancient earthquakes in medieval cities along the Silk road, northern Tien Shan and Dzhungaria // *Turkish Journal of Earth Sciences*. - 2003. - Vol. 12. – No. 3, Sept-Dec. - P. 241-261.
- 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.* - 1999. - vol. 48. - P. 63-79.
- Korjenkov A.M., Ericson-Gini T.* The seismic origin of the destruction of the Nabataean Forts of Ein Erga and Ein Rahel, Arava Valley, Israel // *Archaeologischer Anzeiger*, No. 2, 2003, p. 39-50.
- Korjenkov A.M., A.B. Fortuna, S.V. Abdieva.* 2009. Geological and Geomorphologic Mounuments in the Southern Part of the Issyk-Kul Depression // In: *Proceedings, First International Symposium on Danxia Landform*. May, 2009, Danxiashan, Guangdong, China. P. 58-61. *Korjenkov A. M. and Ericson-Gini T.* The seismic origin of the destruction of the Nabataean Forts of Ein Erga and Ein Rahel, Arava Valley, Israel // *Archaeologischer Anzeiger*. - 2003. – No. 2. - P. 39-50.
- Korjenkov A.M. and Kaiser D.* Historical-macroseismic study of the town church in Wittstock, northern Germany / *Proceedings, 11th FIG Symposium on Deformation Measurements*. – Santorini, Greece, Publishing House of Patras University, 2003. - P. 423-430.
- Korjenkov A.M., Kaiser D., Groupner S.* 2008. Preliminary analysis of damages of possible seismic origin to historical monuments in north-eastern Germany // *Archeoseismicite&Vulnerabilite. Patrimoinebatiouvert au public. Actes des Vie et VIIe Recontres du Groupe APS*. 2005. P. 199-215.
- Korjenkov A.M., Kovalenko V.A. and 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*. - Bishkek, Kyrgyzstan, July, 2002. *Kartographische Bausteine*. - Band 23. - Dresden, 2004 a. - P. 137-153.
- Korjenkov A.M., Mamyrov E., Omuraliev M., Kovalenko V.A. and Usmanov S.F.* Rock avalanches and Landslides formed in result of strong Suusamyr (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*. - Bishkek, Kyrgyzstan, July, 2002. *Kartographische Bausteine*. - Band 23. - Dresden, 2004 b. - P. 117-135.
- Korzhnikov A.M. and Mazor E.* Structural reconstruction of Seismic events: Ruins of ancient cities as fossil seismographs // *Science and New Technologies*. - 1999. – No. 1. - P. 62-74.
- Korjenkov, A.M., and Mazor, E.* 1999a. Earthquake characteristics reconstructed from archeological damage patterns: Shivta, the Negev Desert, Israel // *Isr. J. Earth Sci.* Vol. 48. P. 265-282.
- Korjenkov, A.M., and Mazor, E.* 1999b. Seismogenic origin of the ancient Avdat ruins, Negev desert, Israel // *Natural Hazards*. Vol. 18, No. 3. P. 193-226.
- Korjenkov, A.M., and Mazor, E.* Archeoseimology in Mamshit (southern Israel): Cracking a millennia code of earthquakes preserved in ancient ruins // *Archaeologischer Anzeiger*, 2003, No. 2, p. 51-82
- Korjenkov, A.M., and Mazor, E.* Diversity of earthquakes destruction patterns: The Roman-Byzantine ruins of Haluza, Negev desert, Israel // *Archaeologischer Anzeiger*, No. 2, 2005, p. 1-15.
- Korjenkov A.M. and Mazor E.* Earthquake characteristics reconstructed from archeological damage patterns: Shivta, the Negev Desert, Israel // *Isr. J. Earth Sci.* - 1999 a. - Vol. 48. - P. 265-282.
- Korjenkov A.M. and Mazor E.* Seismogenic origin of the ancient Avdat ruins, Negev desert, Israel // *Natural Hazards*. - 1999 b. - Vol. 18. – No. 3. - P. 193-226.
- Korjenkov A.M. and Mazor E.* Archeoseimology in Mamshit (southern Israel): Cracking a millennia code of earthquakes preserved in ancient ruins // *Archaeologischer Anzeiger*. - 2003. – No. 2. - P. 51-82.
- Korjenkov A.M. and Mazor E.* Diversity of Earthquakes Destruction Patterns: The Roman - Byzantine Ruins of Haluza, Negev Desert, Israel // *Archaeologischer Anzeiger*. - 2005. – No. 2.
- Korzhnikov, A.M., and Mazor, E.* 1999. Structural reconstruction of seismic events: Ruins of ancient buildings as fossil seismographs // *Science and New Technologies*. No. 1. - P. 62-74.
- Korzhnikov A.M. and Mazor E.* 2014. Archeoseismological damage pattern at the ancient ruins of Rehovot-ba-Negev, Israel // *Archaeologischer Anzeiger*, # 1, p. 75-92.
- 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.
- Kuribayashi E., Tatsuoka F.* Brief review of liquifaction during earthquakes in Japan // *Soils and foundations*. - 1975. – V. 15. - P. 81–92.
- Korjenkov A.M. and Schmidt K.* 2009. An Archeoseismological Study at Tall Hujayrāt al-Ghuzlān: Seismic Destruction of Chalcolithic and Early Bronze Age Structures. In: *Prehistoric c Aqaba I. DeutschesArchäologischesInstitut. Orient-Abteilung. Orient-Archäologie*. Band 23. Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf GmbH. P. 79-97.
- Lowe D.R.* Water escape structures in coarse grained sediments // *Sedimentology*. - 1975. – V. 22. - P. 157-204.

- Mazor E., Korjenkov A.M.* Applied archeoseismology: Decoding earthquake parameters recorded in archeological ruins // *The Makhteshim Country: A Laboratory of Nature. Geological and Ecological Studies in the Desert Region of Israel.* Pensoft Press, Sofia-Moscow. 2001, p. 123-153.
- Mejdahl V.* Internal radioactivity in quartz and feldspar grains. *Ancient TL* 5, 1987. - P. 10-17.
- Mellors R.J., Vernon F.L., Pavlis G.L., Abers G.A., Hamburger M.W., Ghose S., Illiasov B.* The  $M_s = 7.3$  1992 Suisamy, Kyrgyzstan earthquake: 1. Constraints on fault geometry and source parameters based on aftershocks and body wave modeling // *Bull. Seism. Soc. Am.* - 1997. - Vol. 87. - P. 11-22.
- Mills P.C.* Genesis and diagnostic value of soft sediment deformation structures - a review // *Sediment. Geol.* - 1983. - V. 35. - P. 83-104.
- Molnar, P. and Tapponnier, P.* Cenozoic tectonics of Asia: Effects of a continental collision // *Science*, vol. 189, 1975, p. 419-426.
- Moretti, M., Alfaro, P., Caselles, O., Canas, J.A., 1999.* Modelling seismites with a digital shaking table. *Tectonophysics* 304, 369-383.
- Needham J.* Science and civilisation of China. III. - Cambridge, 1959.
- Nikonov A.A.* On the terminology and classification of earthquake-induced disturbance: State-of-the-art and some suggestions // *Bull. INQYA. Neotectonics Comm.* - 1995.- V. 18. - P. 14-16.
- Olsson I.U., El-Daoushy M.F.A.F., Abd-El-Mageed A.I. and Klasson M.* A comparison of different methods of pretreatment of bones // *Geologiska Foreningens Stockholm Forhandlingar.* 1974. V. 96.P. 171-181.
- Owen, G.* Experimental soft sediment deformation structures formed by the liquefaction of unconsolidated sands and some ancient examples // *Sedimentology.* - 1996. - V. 43. - P. 279-293.
- Paleoseismology.* McCaLpin J.P. (ed.) Academic Press. - San Diego, 1996. - 588 p.
- Palaeoseismology* (McCaLpin J.P. - ed.). Academic Press. - Burlington. 2009
- Porat N., Halicz L.* Calibrating the luminescence dating laboratory // *Geological Survey of Israel Current Research.* - 1996. - V. 10. - P. 111-116.
- Porat N., Zhou L.P., Chazan M., Noy T., Kolska Horwitz L.* Dating the lower Paleolithic Open-air site of Holon, Israel by Luminescence and ESR techniques // *Quaternary Research.* - 1999. - Vol. 51. - P. 328-341.
- Rapp G.* Assessing archaeological evidence for seismic catastrophes // *Geoarchaeology*, 1986, v. 1, p. 365-379.
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Ramsey C.B., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hafliadason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M., van der Plicht J.* *IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50.000 Years cal BP* // *Radiocarbon*, 2013, V. 55, № 4, p. 1869-1887.
- Rendell H., Yair A., Tsoar H.* Thermoluminescence dating of period of sand movement and linear dune formation in the northern Negev, Israel / In: *The Dynamics and Environmental Context of Aeolian Sedimentary Systems* // *Geological Society Special Publication.* - 1993. - V. 72. - P. 69-74.
- Richter Ch. F.* *Elementary Seismology.* - San-Francisco: W. H. Freeman and Company, 1958. - 768 p.
- Ricketts R.D., Johnson T. C., Brown E.T., Rasmussen K.A., Romanovsky V.V.* The Holocene Paleolimnology of Lake Issyk-Kul, Kyrgyzstan :Trace elements and stable isotope composition of ostracodes.Paleogeog // *Paleoclimatol. Paleoecol.* - 2001. - V. 176. - P. 207-227.
- Ringrose P.S.* Palaeoseismicity (?) liquefaction events in late Quaternary lake sediments at Glen Roy, Scotland // *Terra Nova.* - 1989. - V. 1. - P. 57-62.
- Rodriguez-Pascua M.A., Calvo J.P., De Vicente G., Gomez-Gras, D.* Soft Sediment deformation structures interpreted as seismites in lacustrine sediments of the Prebetic Zone, SE Spain, and their potential use as indicators of earthquakes magnitudes during the Late Miocene // *Sediment. Geol.* - 2000. - V. 135. - P. 117-135.
- Rossetti D.F.* Soft sediment deformation structures in late Albian to Cenomanian deposits, São Luis Basin, Northern Brazil: evidence for palaeoseismicity // *Sedimentology.* - 1999. - V. 46. - P. 1065-1081.
- Rukieh M., V.G. Trifonov, A.E. Dodonov, H. Minini, O. Ammar, T.P. Ivanova, T. Zaza, A. Yusef, M. Al-Shara, Y. Jobaili.* 2005. Neotectonic map of Syria and some aspects of Late Cenozoic evolution of the northwestern boundary zone of the Arabian plate // *Journal of Geodynamics*, vol. 40, p. 235-256.
- Saeki P.Y.* *The Nestorian documents and Relicts in China.* - Tokio, 1951.
- Selander J.* Inherited strike-slip faults as an origin for basement-cored uplifts: example of the Kungey and Zailiskey ranges, northern Tien Shan. M.S. Thesis, University of North Carolina, Chapel Hill, 2008, 73 p.
- Scott B., Price S.* Earthquake-induced structures in young sediments // *Tectonophysics.* - 1988. - V. 147. - P. 165-170.
- Seilacher A.* Fault-graded beds interpreted as seismites // *Sedimentology* - 1969. - V. 13. - P. 155-159.
- Sims J.D.* Determining earthquake recurrence intervals from deformational structures in young lacustrine sediments // *Tectonophysics.* - 1975. - V. 29. - P. 141-152.

- Skripkin V. and Kovaliukh N.* A universal technology for oxidation of carbon-containing materials for radiocarbon dating // Conference of Geochronology and Dendrochronology of Ancient Towns and Radiocarbon Dating of Archeological Finds. Vilnius, Lithuania, October 31 – November 4, 1994. Abstracts and Papers. Vilnius, 1994. P. 37–42.
- Slemmons D.B., Depolo C.M.* Evaluation of active faulting and associated hazards / In: Active Tectonics, Studies in Geophysics. National Academy Press, 1986. - P. 45-62.
- Sobel E.B., Arnaud N.* Cretaceous – Paleogene basaltic rocks of the Tuyon basin, NW China and Kyrgyz Tian Shan: the trace of a small plume.// *Lithas*, 2000, v. 50, pp. 191-215.
- Strom A.* Geological Prerequisites for Landslide Dams' Disaster Assessment and Mitigation in Central Asia // F. Wang et al. (eds.), Progress of Geo-disaster Mitigation Technology in Asia, Environmental Science and Engineering. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013. P. 17-53.
- The Mongol Mission* / Ed. C.H. Dawson. - N. Y., 1955.
- Thomas J.-C., Herroud H., Cobbold P.R. and et al.* Paleomagnetic study of Tertiary from the Kyrgyz Tie Shan find its tectonic implications.// *J. of Geophys. Research.*, 1993, 98, NOB6, pp. 9571- 9589.
- Tinsley J.C., Youd T.L., Perkins D.M., Chen A.T.F.* Evaluating liquefaction potential / In: Evaluating earthquakes hazards in the Los Angeles region – an earth science perspective // USGS prof. pap., 1985. – V. 1360. - P. 263–316. *Toynbee A. I.* Study of History. - N. Y. - Toronto, 1946.
- Trifonov V.* Late tectonic movements of western and central Asia // *Geological Society of America Bulletin.* - 1978. - v. 89. - P. 1059-1072.
- Vittori E., Labini S.S., Serva L.* Palaeoseismology, Review of the state-of-art // *Tectonophysics.* - 1991. – V. 193. - P. 9–32.
- Wells D.L., Coppersmith K.J.* Empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture area, and surface displacement // *Bull. Seismol. Soc. Am.* - 1994. – V. 84. - P. 974-1002.

*Научное издание*

**СИЛЬНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ И  
ПАЛЕОЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ПРИИССЫККУЛЬЯ  
И ИХ ПОЛОЖЕНИЕ В СТРУКТУРЕ СЕВЕРНОГО  
ТЯНЬ-ШАНЯ**

*монография*

Печатается по решению Ученого совета ИФЗ РАН  
от 18 октября 2017 г.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 21,75. Тираж 150 экз  
Отпечатано в типографии ИФЗ РАН  
Москва, Большая Грузинская ул, 10, стр. 1



Работа посвящена изучению следов сильных древних землетрясений на территории Иссык-Кульской впадины и ее горного обрамления. С помощью методов структурной геоморфологии, археосейсмологии и палеосейсмологии исследовались деформации в скальных грунтах (сейсмодислокации), в рыхлых отложениях (сейсмитах), а также в археологических памятниках. Сейсмогенные конволюции в озерных осадках и деформации в археологических памятниках были выявлены впервые. Было подтверждено, что так называемые “цветковые” структуры, образующиеся в зонах крупных сдвигов в земной коре Тянь-Шаня ответственны за структурную приуроченность очагов древних землетрясений и формирование и развитие современных морфоструктур региона.

