

СЕЙСМИЧЕСКИ МОБИЛИЗОВАННЫЕ МОРЕНЫ В ТЯНЬ-ШАНЕ

А.М. Корженков, С.В. Абдиева*, А.Б. Фортуна**, Т.А. Чаримов**, А.С. Юдахин*

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 123995, Москва, ул. Бол. Грузинская, 10, Россия

**Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина, 720000, Бишкек, ул. Киевская, 44, Кыргызстан*

***Институт сейсмологии НАН КР, 720060, Бишкек, микрорайон Асанбай, 52/1, Кыргызстан*

Приводится исследование мобилизованных морен в Тянь-Шане. Установлено, что обрушение моренного материала имело место как при исторических сильных землетрясениях конца XIX — начала XX века, так и при палеосейсмокатастрофах. Детально изучены обвальные массы в долине р. Чон-Кызылсуу в Юго-Восточном Прииссыккулье. Здесь имеются обвалы, образовавшиеся во время Кебинского ($M > 8$, 1911 г.) землетрясения, а также многоактные палеосейсмодислокации сейсмогравитационного и сеймотектонического генезиса, в том числе и мобилизованные морены. Установлена приуроченность обвальных явлений в бассейне р. Чон-Кызылсуу к висячему крылу Предтерской краевой разлома надвигового типа. Выявлено по крайней мере четыре палеосейсмических события (в начале XX в. до н.э., начале XI в. до н.э., середине VIII в. до н.э. и в начале II в. до н.э.) с локальной сейсмической интенсивностью $I \geq 7$ баллов, имевших место во второй половине голоцена.

Мобилизованные морены, палеоземлетрясения, р. Чон-Кызылсуу, оз. Иссык-Куль, Тянь-Шань.

SEISMICALLY MOBILIZED MORAINES IN THE TIEN SHAN

A.M. Korzhenkov, S.V. Abdieva, A.B. Fortuna, T.A. Charimov, and A.S. Yudakhin

Moraines studied in the Chon-Kyzylsuu River valley (southeastern Issyk-Kul region, Tien Shan) were mobilized during historic and prehistoric large earthquakes. Seismic triggers of moraine mobilization included the $M > 8$ Kebin earthquake of 1911 and prehistoric events that produced rockslides, landslides, and multiple fault scarps. Rockslides in the Chon-Kyzylsuu basin are located in the hanging wall of the Terskey border thrust fault. The observed deformation results from at least four prehistoric earthquakes in the second half of the Holocene (early 20th century BC, early 11th century BC, middle 8th century BC, and early 2nd century BC), with local shaking intensity $I \geq 7$.

Mobilized moraines, prehistoric earthquakes, Chon-Kyzylsuu River, Lake Issyk-Kul, Tien Shan

ВВЕДЕНИЕ

Территория Северного Тянь-Шаня по образному определению американского профессора П. Молнара является «открытой природной лабораторией» для сейсмологов, изучающих современный сейсмический режим, а также палеосейсмологов, имеющих дело со следами древних сейсмокатастроф. Здесь только в конце XIX — начале XX века произошел ряд сильнейших землетрясений с $M > 7$: Беловодское 1885 г., Верненское 1887 г., Чиликское 1889 г. и Кебинское 1911 г. (рис. 1). В результате этих землетрясений в рельефе и рыхлых отложениях образовался ряд сейсмодислокаций сеймотектонического и сейсмогравитационного генезиса, описание которых имеется в многочисленных публикациях [Игнатъев, 1886; Мушкетов, 1890, 1899; Богданович и др., 1914].

Предметом данной статьи является исследование необычного и плохо изученного природного феномена, так называемых мобилизованных морен. Термин был впервые предложен профессором О.К. Чедия [Чедия, 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 гор-

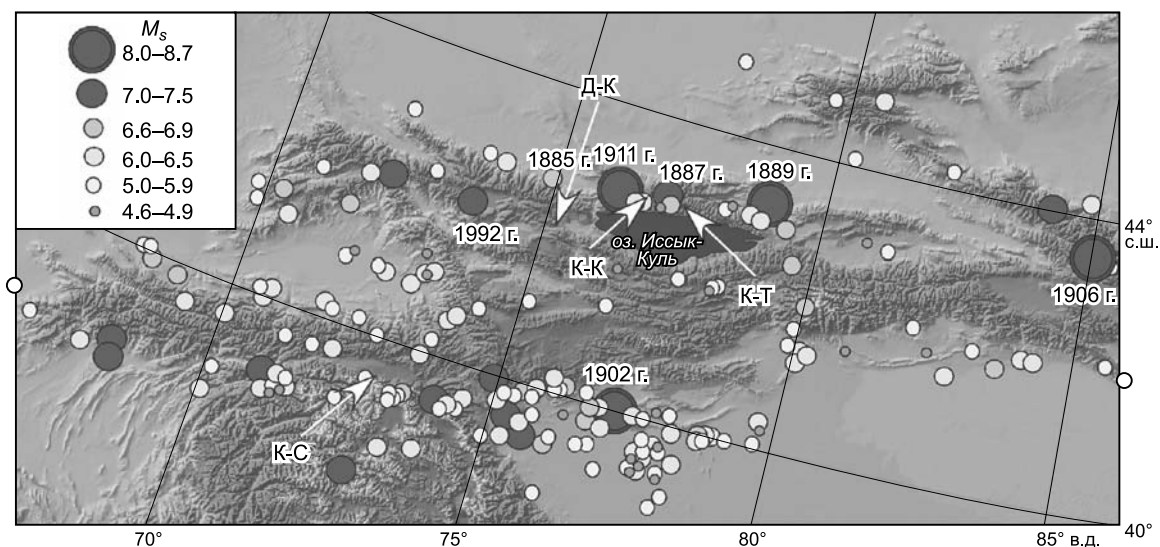


Рис. 1. Карта сильных землетрясений Тянь-Шаня (по данным сейсмического каталога Института сейсмологии НАН КР).

Наиболее сильные известные сейсмические события приурочены к северной и южной границам орогена. В Южном Прииссыккулье сильные землетрясения неизвестны. Стрелками показаны местоположения обнаруженных мобилизованных морен на Тянь-Шане: Д-К — мобилизованная морена Джаркорумду на северном склоне хр. Каракатты, К-К — мобилизованная морена Кара-Корум на северном склоне хр. Кунгей Ала-Тоо, К-Т — мобилизованная морена Кулаган-Таш на южном склоне хр. Заилийский Ала-Тай, К-С — мобилизованная морена Коман-Суу на северном склоне Заалайского хребта.

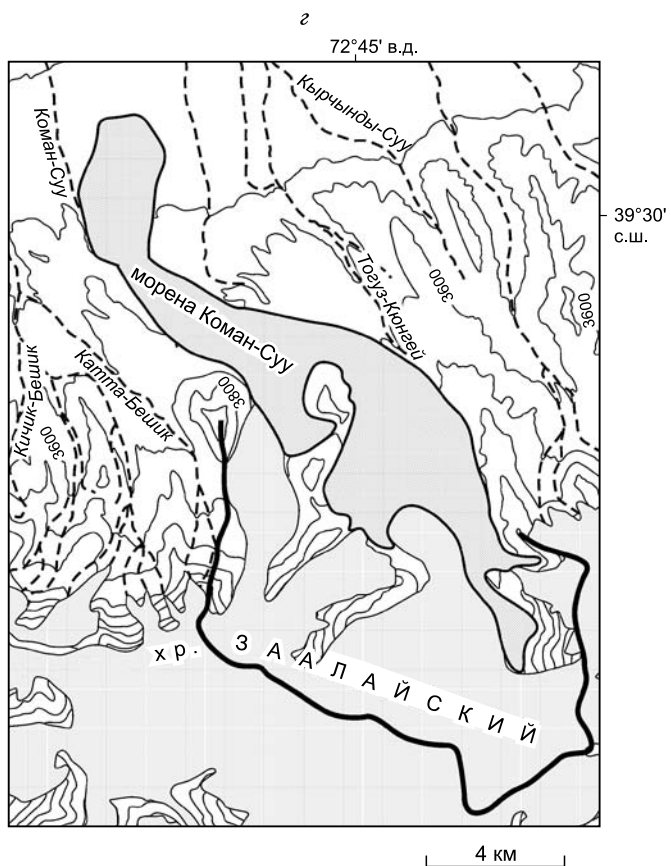
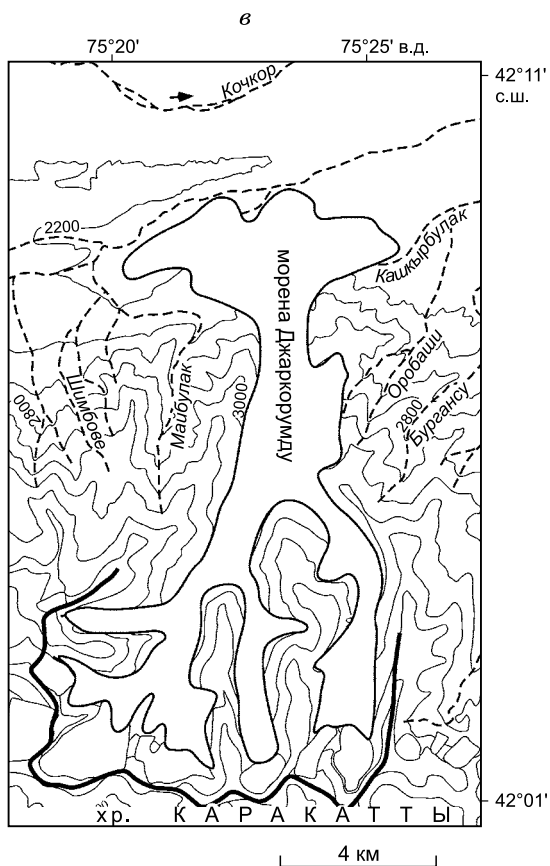
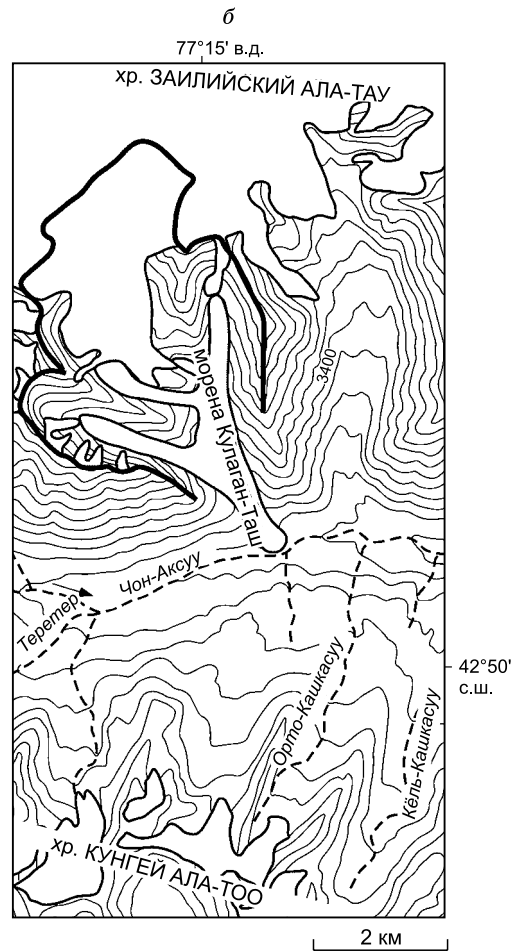
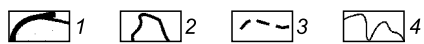
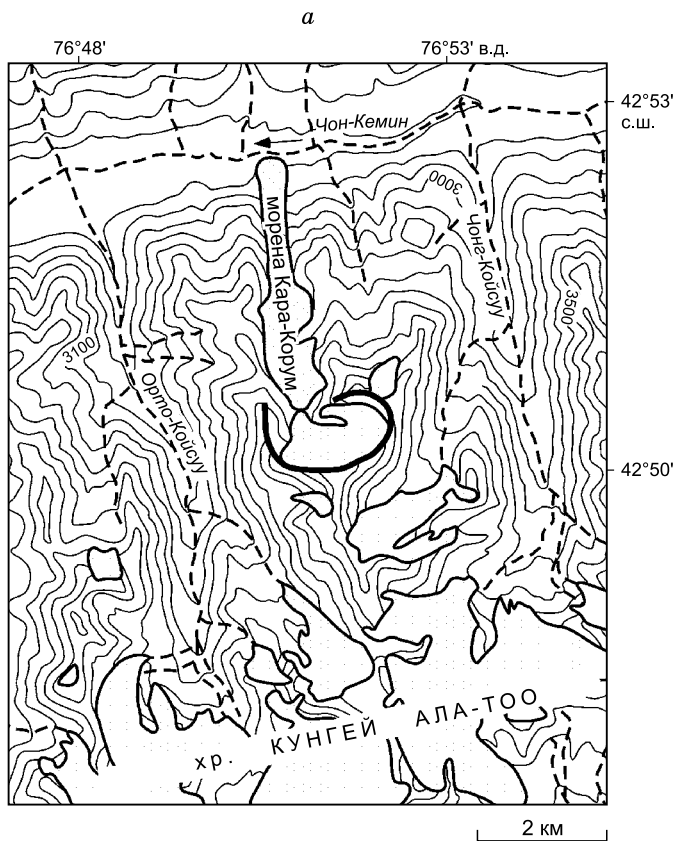
ного хребта, перемещаются или срываются вниз во время сейсмических потрясений. Они, в отличие от непо потревоженных моренных тел, с поверхности имеют типичную флюидную текстуру и спускаются в современную пойму основной реки, накладываясь на голоценовый (и практически современный) аллювий. Зачастую моренные 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, 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 (рис. 2, а, б). 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 (см. рис. 2, в, д) сорвались вниз и заняли аномально низкое положение во время позднеплейстоцен-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. Агатовой с соавторами [2006] в горах Алтая, Б.П. Важениным [2013] в Приохотье, А.Л. Стромом [Strom, 2013] на Памире.

Иссык-Кульская впадина Северного Тянь-Шаня также известна своими сильными землетрясениями. Здесь только за период инструментальных наблюдений (последние 100 лет) были зарегистрированы катастрофическое Кебинское (Кеминское) землетрясение 1911 г. с $M = 8.2$, а также сильные сейсмические события с $6 < M < 7$ — Сары-Камышское 1970 г., Джаланаш-Тюпское 1978 г. и Чон-Байсоорунское 1990 г. Сведения о древних катастрофах в сейсмических каталогах отсутствуют. Имеются лишь отрывочные и ненадежные данные о сильных землетрясениях 250 и 500 гг. нашей эры [Джанузаков и

Рис. 2. Мобилизованные морены в Тянь-Шане.

а — в бассейне р. Чон-Кемин, б — в бассейне р. Чон-Аксуу, в — в бассейне р. Кочкор, г — в бассейне р. Кызыл-Суу (Алайская впадина). 1 — жирные сплошные линии — границы ледниковых цирков, морены которых были сброшены вниз и заняли аномально низкое высотное положение во время сильных землетрясений; 2 — ледники; 3 — реки; 4 — изолинии рельефа через 200 м.



др., 2003]. В последние годы нами [Korjenkov et al., 2006; Корженков и др., 2007, 2011] и американской группой [Seilander et al., 2012] были выявлены следы средневековых сейсмических катастроф на территории Северо-Западного и Северного Прииссыккуля, позднеголоценовых сотрясений на южном побережье озера [Абдиева и др., 2012; Корженков и др., 2014], а также поздне- и среднелейстоценовых сильных землетрясений вокруг всего оз. Иссык-Куль и в его Кок-Мойнокском палеозаливе [Корженков и др., 1999, 2007; Korjenkov, 2000; Bowman et al., 2004; Корженков, 2006; Поволоцкая и др., 2006]. Следует отметить, что все инструментально зарегистрированные сейсмические события (за исключением Сары-Камышского) приурочены к северной части Иссык-Кульской впадины — к ее северному горному обрамлению. В Южном Прииссыккуле сильные землетрясения пока зарегистрированы не были (см. рис. 1).

НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И ЗОНА ПРЕДТЕРСКОЙСКОГО РАЗЛОМА В БАССЕЙНЕ ЧОН-КЫЗЫЛСУУ

Рассмотрим неотектонические структуры в Юго-Восточном Прииссыккуле (рис. 3). На юге Предтерсейский разлом отделяет Иссык-Кульскую впадину, выполненную мезозойско-кайнозойскими отложениями, от домезозойского горного обрамления, слагающего хр. Терсей Ала-Тоо. Основное внимание мы уделили участку разлома в долине р. Чон-Кызылсуу (рис. 4). Его описание приведено ниже.

Для территории долины р. Чон-Кызылсуу была составлена детальная карта четвертичных отложений. Она была построена на базе кондиционной геологической карты 1977 г. м-ба 1:50 000 Кыргызского управления геологии. Эта карта была дополнена материалами дешифрирования аэрофотоснимков и полевых исследований 2009—2015 гг., также были нанесены места расположения гравитационных сейсмодислокаций (см. рис. 4).

Было установлено, что в долине р. Чон-Кызылсуу (рис. 5) зона Предтерсейского 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,

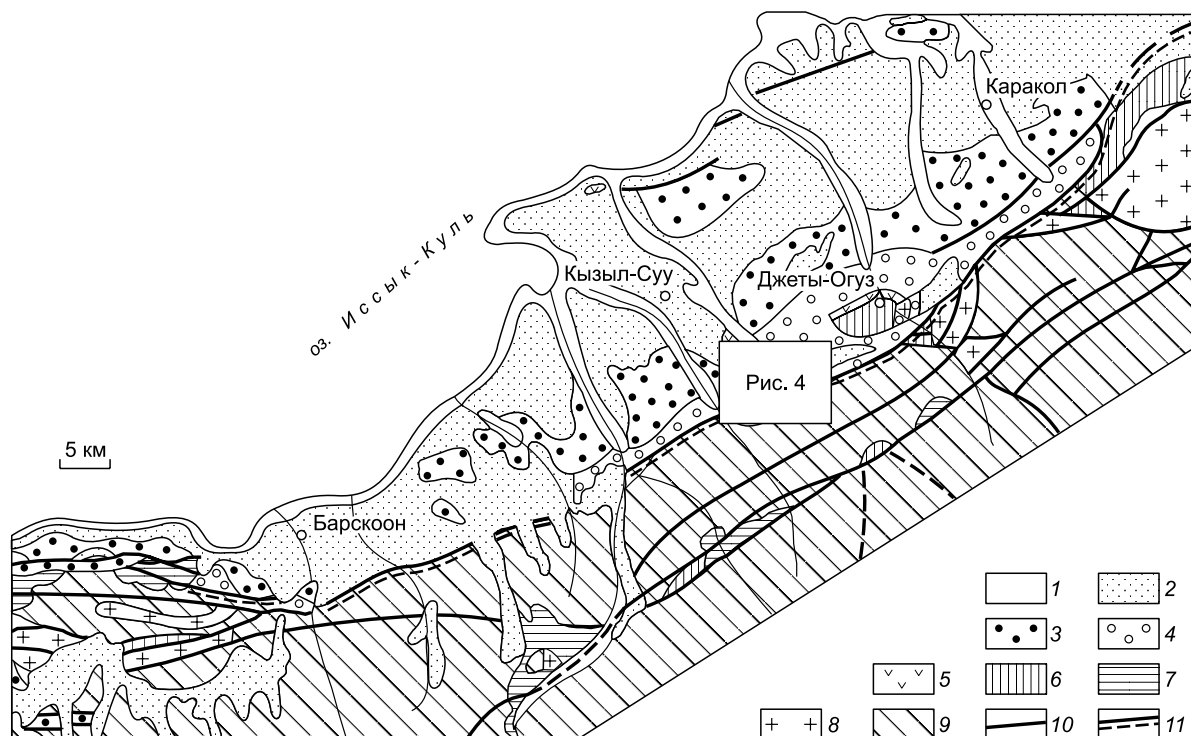


Рис. 3. Геологическая карта Юго-Восточного Прииссыккуля, по данным [Чедия и др., 1988] с изменениями.

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 — Предтерсейский разлом.

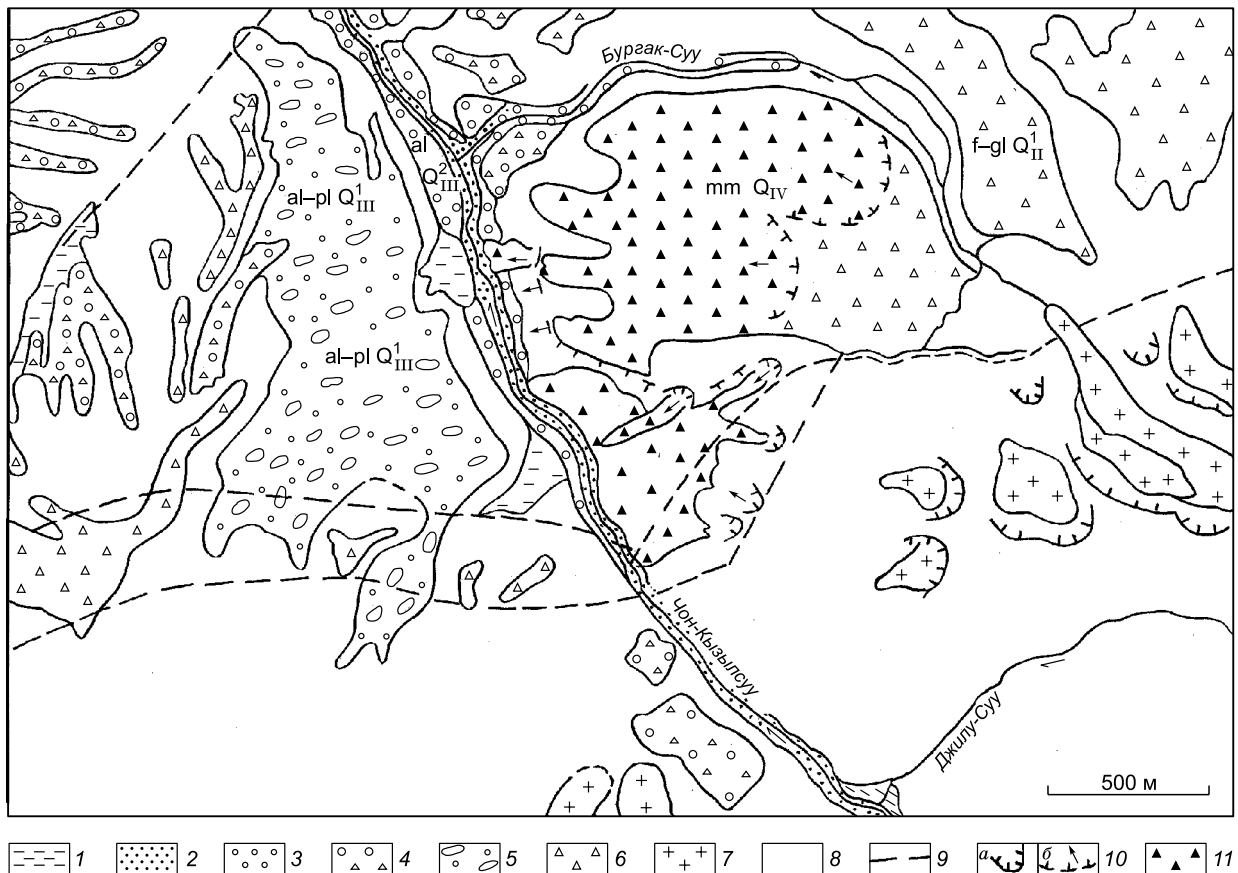


Рис. 4. Карта четвертичных отложений бассейна р. Чон-Кызылсуу.

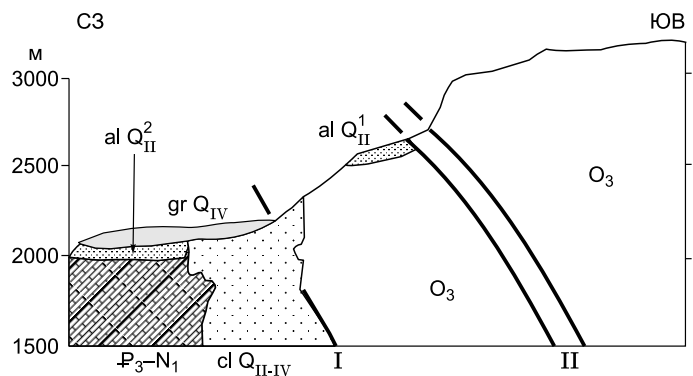
1 — пролювиальные отложения раннего голоцена; 2 — аллювиальные отложения верхнего плейстоцена—голоцена; 3 — аллювиально-пролювиальные отложения середины верхнего плейстоцена; 4 — аллювиально-пролювиальные отложения начала верхнего плейстоцена; 5 — позднечетвертичные флювиогляциальные отложения; 6 — среднетчетвертичные аллювиально-пролювиальные отложения; 7 — четвертичные морены; 8 — домезозойские скальные породы; 9 — разломы; 10 — ледниковые цирки и кары, а также воронки отрыва оползней (а), предположительное положение воронок отрыва и направление обрушений (б); 11 — мобилизованные морены.

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].

К внутреннему сместителю приурочена дайка расланцованного диабаз-порфирита с хлоритовыми зеркалами скольжения. Он 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

Рис. 5. Обвальные массы в лежачем крыле Предтергерского разлома на правом склоне долины р. Чон-Кызылсуу, разрез по [Чедия и др., 1988] с изменениями.

gr Q_{IV} — гравитационные массы (сброшенные морены), cl Q_{II-IV} — коллювиальные отложения среднеплейстоцен-голоценового возраста, al Q_{II}¹ — аллювиальные отложения нижней части среднего плейстоцена, al Q_{II}² — аллювиальные отложения верхней части среднего плейстоцена, P₃-N₁ — олигоцен-миоценовые отложения (киргизская свита), O₃ — различные фации пород ордовика, I — зона Предтергерского краевого разлома, II — зона внутреннего разлома (в тылу Предтергерского разлома).



фиолетовых алевролитов и зеленых туфопесчаников. Брекчия 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].

СЕЙМОДИСЛОКАЦИИ В БАСЕЙНЕ ЧОН-КЫЗЫЛСУУ

Кызылсууйский участок сейсмодислокаций (см. рис. 4) — единственное место в Южном Прииссыкулье, где были зафиксированы следы Кебинского землетрясения 1911 г. ($M > 8$). Они проявились по разрывам, принадлежащим к зоне Предтерской краевой разлома, ограничивающего северный склон хр. Терской Ала-Тоо. По данным опроса [Богданович и др., 1914], нарушения образовались в рыхлых неогеновых отложениях и представлены сеймосрывами с длиной стенки отрыва около 50 м, реже 100 м при высоте 30—40 м.

Кроме небольших современных сейсмодислокаций тут же имеются и значительные палеосейсмодислокации. Здесь на правом склоне долины р. Чон-Кызылсуу в зоне Предтерской разлома наблюдается грандиозный обвал коренных пород, а также красноцветов киргизской серии. Площадь обвальной массы, сорвавшейся только с одной стенки отрыва, достигает более 1 км². Ее средняя мощность 30 м, таким образом, объем тела обвала приблизительно составляет 30 млн м³. Однако по соседству имеется еще одна стенка отрыва в коренных породах. По ней массы пород свалились вниз и перемешались в нижней части с массами обвала, описанного выше. Общий объем обвала, возможно, достигает 50 млн м³. Интересная структура находится в нижней части «первой» плоскости отрыва обвала. Возможно, что это блок недезинтегрированных пород, претерпевших лишь незначительную транспортировку вниз. Либо это значительный сейсморов-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 и оползни до двух генераций. Общая площадь оползневой массы (перемешанные отложения киргизской серии и четвертичные отложения) достигает 0.5 км², средняя мощность оползня 10 м. Таким образом, общий объем сползшей массы составляет 5 млн м³. Общая протяженность Кызылсууйского участка сейсмодислокаций около 5 км [Корженков, 2006].

МОБИЛИЗОВАННЫЕ МОРЕНЫ В БАСЕЙНЕ ЧОН-КЫЗЫЛСУУ

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. 4, 6—8). Возраст этих сорванных морен был установлен Е.В. Максимовым с соавторами [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 подпрудил русло р. Чон-Кызылсуу, что вызвало образование озера позади дамбы и накопление озерных отложений (рис. 9, а). Нами было установлено наличие трех горизонтов сейсмогенных конволюций в вышеупомянутых озерных накоплениях (см. рис. 9, б—г), которые образовались во время более поздних землетрясений.

Приведем описание разреза этих отложений снизу-вверх: от более древних к более молодым в



южной стенке разреза (рис. 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. Слои мелкого галечника, заполнитель песчано-глинистый и дресвяный. Гальки сред-

Рис. 6. Обрушение позднеплейстоценовых морен в долине р. Чон-Кызылсуу. Аэрофотоснимок.

Рис. 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 блюда — отложения таявшего мертвого льда, принесенного мореной (холм позади).



ней окатанности, их размер составляет 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 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 10 см.

13. Слой паттумов с включением мелкой окатанной гальки и дресвы. Мощность 79 см.

14. Слой суглинка с деформированным и разорванным прослоем тонкозернистого песка — сейсмогенные конволюции. Мощность 39 см.



15. Чередование прослоев мелкой гальки и крупнозернистого песка. Мощность слоя 27 см.

16. Светло-коричневый суглинок. Мощность 42 см.

17. Проллювиальный 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. Мощ-

Рис. 8. Часть материала сброшенных морен достигла дна долины р. Чон-Кызылсуу и временно подпрудила русло.

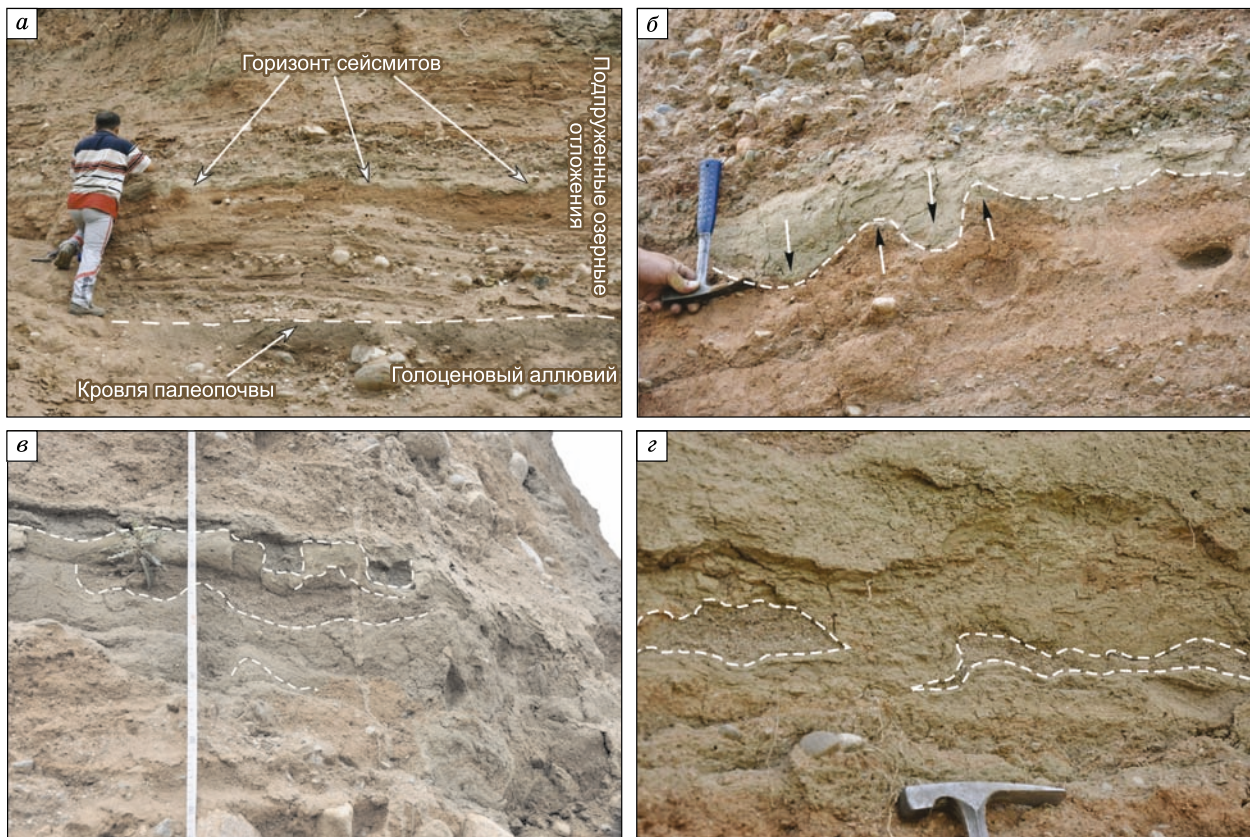


Рис. 9. Разрез озерных отложений позади завала на левом склоне долины р. Чон-Кызылсуу.

a — 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 сейсмиты в виде карманов (песок внедряется вниз в глину); *г* — «змеевидные» и «рыбоподобные» сейсмиты (песчаные деформированные фрагменты в глинистом заполнителе).

ность 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 четыре возрастные радиоуглеродные датировки образований, отложившихся позади естественной дамбы в долине р. Чон-Кызылсуу, были получены из лаборатории Бета (Майами, США) (таблица, см. рис. 10).

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

Полевой номер пробы	Номер лаборатории Бета	Радиоуглеродный возраст отложений, лет	Калиброванный возраст, лет назад, вероятностный интервал 1σ, 68.2 %	Калиброванный возраст, лет назад, вероятностный интервал 2σ, 95.4 %	Место отбора пробы
KZS-1	Beta-299729	4330 ± 30	4889—4848	4968—4843	Возраст палеопочвы, на которой лежат озерные отложения
KZS-2	Beta-299730	3280 ± 30	3514—3468	3579—3446	Проба из озерных отложений
KZS-3	Beta-299731	2780 ± 30	2929—2845	2953—2793	»
KZS-4	Beta-299732	950 ± 30	867—824	926—795	Возраст современной почвы, перекрывающей озерные отложения

Примечание. Программа для калибровки OxCal 4.2 [Ramsey et al., 2010; Reimer et al., 2013].

Рис. 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 пролювиальные отложения, 8 — горизонты с сейсмогенными конволюциями. Цифры в кружках соответствуют нумерации слоев подпруженной толщи, см. текст.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Нам не удалось отобрать большого количества проб в вышеописанной озерной толще в долине р. 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 позднелейстоценовых морен имел место после формирования погребенной почвы, радиоуглеродный возраст которой составляет 4330 ± 30 лет (Beta-299729), 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 указанной пробы (800 мм), разделенную на 2 мм/год).

Первый (нижний) горизонт сейсмитов (см. рис. 9, в), обнаруженный нами на глубине около 5 м, является следующим сейсмическим событием. Оно, по всей вероятности, имело место около 3080 лет назад. Его возраст косвенно определяется средней калиброванной датировкой пробы Beta-299731 — 2887 лет, которая была отобрана между первым (см. рис. 9, в) и вторым (см. рис. 9, б) горизонтами сейсмитов, плюс 193 года (мощность отложений под пробой (385 мм), разделенная на 2 мм/год).

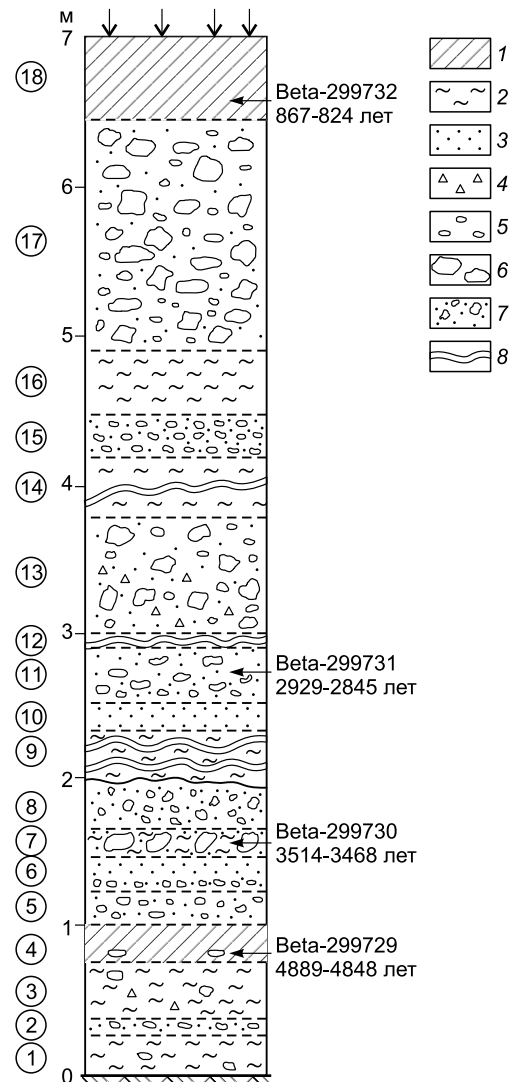
Третий (верхний) горизонт сейсмогенных конволюций (см. рис. 9, з) является отражением третьего сейсмического события, произошедшего приблизительно 2760 лет назад: из калиброванного возраста пробы Beta-299731 (2887 лет) следует вычесть 125 лет (мощность вышележащих озерных отложений 250 мм, разделенная 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, Tatsuoka, 1975].

В совокупности с вышеперечисленными дислокациями нами были выявлены другие разновозрастные оползни, развитые в скальных, полускальных и рыхлых породах зоны Предтерекского краевого 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.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из проведенных нами исследований можно сделать следующие выводы:

1. Отмечается развитие мобилизованных морен на Тянь-Шане. Сбрасывание моренного материала имело место как при исторических сильных землетрясениях конца XIX — начала XX века, так и при палеосейсмокатастрофах.

2. Обвальные массы в долине р. Чон-Кызылсуу в Юго-Восточном Прииссыккулье принадлежат к Кызылсууускому участку сейсмодислокаций. Здесь имеются обвалы, образовавшиеся во время Кебинского ($M > 8$, 1911 г.) землетрясения, а также многоактные палеосейсмодислокации сейсмогравитационного и сеймотектонического генезиса, в том числе и мобилизованные морены.

3. Установлена приуроченность обвальных явлений и мобилизованных морен в бассейне р. Чон-Кызылсуу к висячему крылу Предтерсейского краевого разлома надвигового типа, ограничивающего северный склон хр. Терской Ала-Тоо от смежного крыла Иссык-Кульской впадины.

4. Выявлены по крайней мере четыре неизвестных палеосейсмических события с локальной сейсмической интенсивностью $I \geq 7$ баллов, имевших место во второй половине голоцена — в XX—II веках до н.э.

Авторы благодарят рецензентов О.В. Лунину и В.Г. Трифонова за критическое, но очень доброжелательное прочтение рукописи статьи, а также важнейшие рекомендации по ее улучшению. Благодарим также профессора И.В. Мажейку за помощь в переводе значений радиоуглеродных датировок в калиброванные возрасты и обсуждение вопроса.

Работа выполнена при поддержке Международного научно-технического центра — проекты KR-1668, KR-2011, G-2153, а также РФФИ (проект 13-05-91168-ГФЕН_а).

ЛИТЕРАТУРА

Абдиева С.В., Керимбаева Д., Корженков А.М., Пикокк Х., Усманов С.Ф., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А. Особенности скального оползнеобразования в южной части Иссык-Кульской впадины, Северный Тянь-Шань // Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Материалы 5-го Международного симпозиума, г. Бишкек, 19—24 июня 2011 г. Т. 2. Бишкек, ИС РАН, 2012, с. 216—222.

Агатова А.Р., Непоп Р.К., Высоцкий Е.М. Сейсмогравитационные палеосейсмодислокации в долине реки Чаган (Юго-Восточный Алтай) // Геоморфология, 2006, № 4, с. 53—62.

Богданович К.И., Карк И.М., Корольков Б.Я., Мушкетов Д.И. Землетрясение в северных цепях Тянь-Шаня 22 декабря 1911 г. (4 января 1911 г.). СПб., 1914, 256 с. (Тр. Геологического комитета. Новая серия, вып. 89.)

Важенин Б.П. Гравитационные палеосейсмодислокации роя Светлый в верховьях р. Армань (Северное Приохотье) // Технологии техносферной безопасности, 2013, № 2 (48), с. 1—10.

Дельво Д., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., Стром А.Л. Оползни и разрывы Кеминского землетрясения 1991 г. с M_s 8.2 в Киргизии // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (10), с. 1667—1677.

Джанузаков К., Омуралиев М., Омуралиева А., Ильясов В., Гребенникова В.В. Сильные землетрясения Тянь-Шаня. Бишкек, Илим, 2003, 216 с.

Игнатъев И.В. Землетрясение в Токмакском уезде в 1885 г. // Изв. Императорского Русского географического общества. 1886, т. 22, вып. 2, с. 150—164.

Корженков А.М. Морфоструктуры и сейсмичность Кочкорской впадины и ее горного обрамления (Северный Тянь-Шань) // Изв. НАН КР, 1999, № 3—4, с. 33—39.

Корженков А.М. Сейсмогеология Тянь-Шаня. Бишкек, Илим, 2006, 290 с.

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., Муралиев А.М., Ормуков Ч.О., Сейталиев М.М., Джумабаева А.Б., Гребенникова В.В. Макросейсмическое обследование Кочкорского землетрясения 26 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., Кросби К., Мамыров Э., Поволоцкая И.Э., Эрроусмит Р. Сейсмогенные конволюции в озерных осадках озера Иссык-Куль, Северный Тянь-Шань // Проблемы современной сейсмогеологии и геодинамики Центральной и Восточной Азии. Материалы совещания. Т. 1. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2007а, с. 179—184.

Корженков А.М., Поволоцкая И.Э., Мамыров Э. Морфологическое выражение четвертичной деформации в северо-западных предгорьях Иссык-Кульской впадины Тянь-Шаня // Геотектоника, 2007б, № 2, с. 53—72.

Корженков А.М., Абдиева С.В., Вахрамеева П.С., Джумабаева А.Б., Мамыров Э.М., 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.

Максимов Е.В., Михайлов Н.Н., Козырева М.Г., Свистунов Е.Е. Конечные морены и радиоуглеродный возраст почв Тянь-Шаня, Южного Алтая и Саура // Вестн. ЛГУ. Серия 7. География. 1987, вып. 1, № 7, с. 28—38.

Мушкетов И.В. Чиликское землетрясение 30 апреля 1889 г. Материалы для изучения землетрясений в России. Ч. 1, 2 // Изв. Русского геогр. общ., 1899, 106 с.

Мушкетов И.В. Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г. СПб., 1890, 154 с. (Тр. Геологического комитета, т. 10, № 1).

Никонов А.А., Ваков А.В., Веселов И.А. Сейсмоструктура и землетрясения в зоне сближения Памира и Тянь-Шаня. М., Наука, 1983, 240 с.

Поволоцкая И.Э., Корженков А.М., Мамыров Э.М. Следы сильных землетрясений в озерных осадках Кок-Мойнокской впадины (Северный Тянь-Шань) // Геология и геофизика, 2006, т. 47(9), с. 1024—1035.

Чедия О.К., Корженков А.М. Сейсмогравитационный рельеф в горных областях // Генезис рельефа. Тезисы докладов Иркутского геоморфологического семинара. Иркутск, 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., Джумадылова Ч.К., Трунилин С.И. Предтерсейский краевой разлом в междуречье Джетыюгуз—Тосор // Изв. АН. КиргССР. Физ.-тех. и матем. науки, 1988, № 1, с. 79—88.

Arrowsmith R., Crosby C., Korjenkov A., Mamyrov E., Povolotskaya I. Surface rupture along the Chon Aksu and Aksu (eastern) segments of the 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Tien Shan, Kyrgyzstan // Eos Trans. AGU, Fall Meet. Suppl.: Abstract. San-Francisco, USA, 2004, v. 85, № 47, p. T14C-02.

Arrowsmith J.R., Crosby C.J., Korjenkov A.M., Mamyrov E., Povolotskaya, I. Surface rupture of the 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Eos Trans. AGU, Fall Meet. Suppl. Abstract. San-Francisco, USA, 2005, v. 86, № 52, p. T51F-05.

Bowman D., Korjenkov A. M., Porat N. Late-Pleistocene seismites from Lake Issyk-Kul, the Tien Shan range, Kyrgyzstan // Sediment. Geol., 2004, v. 163, p. 211—228.

Korjenkov A.M. Seismogenic convolutions in soft lacustrine sediments of the Issyk Kul Lake, Tien Shan, Kirgizstan — initial report // J. Earthquake Prediction Res., 2000, v. 8, № 4, p. 514—519.

Korjenkov A.M., Kovalenko V.A., Usmanov S.F. Long-term preservation of paleoseismic deformations as a tool for revealing traces of ancient seismic catastrophes (on example of Chon-Kemin Valley, Kyrgyzstan) // Proceedings of the 7th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography. Band 23. Dresden, Kartographische Bausteine, 2004, p. 137—153.

Korjenkov A.M., Arrowsmith J.R., Crosby C., Mamyrov E., Orlova L.A., Povolotskaya I.E., Talbaldiev K. Seismogenic destruction of the Kamenka medieval fortress, northern Issyk-Kul region, Tien Shan (Kyrgyzstan) // J. Seismology, 2006, № 10, p. 431—442.

Kuribayashi E., Tatsuoka F. Brief review of liquefaction during earthquakes in Japan // Soil Found., 1975, v. 15, p. 81—92.

Ramsey B.C., Dee M., Lee S., Nakagawa T., Staff R. Developments in the calibration and modeling of radiocarbon dates // Radiocarbon, 2010, v. 52, № 3, p. 953—961.

Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Ramsey B.C., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Haffidason H., Hajdas I., Hattala C., Heaton T.J., 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., Turney C.S.M., van der Plicht J. IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50000 years cal BR // Radiocarbon, 2013, v. 55, № 4, DOI: 10.2458/azu_js_rc.55.16947.

Seilander J., Oskin M., Ormukov Ch., Abdrakhmatov K. Inherited strike-slip faults as an origin for basement-cored uplifts: Example from the Kyngey and Zailiyskey Ranges, northern Tien Shan // Tectonics, 2012, v. 31, TC4626, p. 1—22.

Strom A. Geological prerequisites for landslide dams' disaster assessment and mitigation in Central Asia // Progress of geo-disaster mitigation technology in Asia, environmental science and engineering. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2013, p. 17—53.