

ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ КЕМИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1911 г. В СЕВЕРНОМ ТЯНЬ-ШАНЕ

Е.В. Деев^{1,2}, А.М. Корженков³

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3 Россия

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

³ Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 123995, Москва, ул. Бол. Грузинская, 10, Россия

Проведенные исследования сейсмодислокаций, связанных с активизацией Аксуйского разлома при катастрофическом Кеминском землетрясении 1911 г., показали наличие в пределах Чон-Аксуйского и Кичи-Аксуйского рамповых грабенов большого количества первичных и вторичных палеосейсмодислокаций. В траншее, пройденной нами вкрест сейсмоуступа Кеминского землетрясения ($M \approx 8$, $I_0 = X—XI$ баллов) 1911 г., помимо взбросовой подвижки названного сейсмического события и соответствующего ему коллювиального клина, выявлено отчетливое взбросовое смещение — результат палеоземлетрясения, произошедшего около 3000 лет назад. Нами также зафиксированы отложения, сформированные в озере, подпруженном сейсмоуступом, которое образовалось в результате сильного землетрясения около 12700 лет назад. Полученные нами палеосейсмологические результаты, а также данные радиоуглеродного датирования и опубликованные по району исследований литературные материалы позволяют 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 г.).

Кеминское землетрясение 1911 г., палеосейсмология, древние землетрясения, Аксуйский разлом, Тянь-Шань.

PALEOSEISMOLOGICAL STUDIES IN THE EPICENTRAL AREA OF THE 1911 KEMIN EARTHQUAKE (*northern Tien Shan*)

E.V. Deev and A.M. Korzhenkov

The area of the Chon-Aksu and Kichi-Aksu grabens abounds in seismic deformation produced by historic and prehistoric events, among which the great Kemin (Kebin) earthquake of 1911, with a magnitude of $M_s \approx 8$ and a shaking intensity of $I_0 = 10—11$, generated by the Aksu fault. Trenching across a fault scarp of the 1911 event has revealed signatures of reverse slip resulted from another earthquake that occurred about 3000 years ago. Traces of a large event at $\sim 12,700$ yr BP appear in sediments of a tectonically dammed lake. The trenching results, along with radiocarbon dating and published evidence, show the Late Pleistocene–Holocene history of the Aksu fault to comprise prolonged quiescence periods separated by large earthquakes or earthquake clusters at 19,500–20,000, 12,700, 4000–3000, and <850 yr BP (including the 1911 Kemin shock).

1911 Kemin earthquake, paleoseismicity, fault scarp, Aksu fault, Tien Sha

ВВЕДЕНИЕ

Тянь-Шань представляет собой активный внутриконтинентальный ороген, сформировавшийся в результате коллизии Индийской и Евразийской плит. В его северной части, являющейся фронтом Гималайского горного пояса, находится несколько активных сейсмических зон, генерирующих сильные землетрясения. Уникальная серия сейсмических катастроф произошла в пределах Северного Тянь-Шаня на рубеже XIX и XX столетий. Она включает Беловодское (02.08.1885 г.; $M = 7.0$; $I_0 = 9—10$ баллов), Верненское (08.06.1887 г.; $M = 7.3$; $I_0 = 9—10$), Чиликское (11.07.1889 г.; $M = 8.3$; $I_0 = 10$) и Кеминское (Кеминское) (03.01.1911 г.; $M \approx 8$; $I_0 = 10—11$) [Новый..., 1977; Джанузак и др., 2003; Кальметьева и др., 2009; Корженков, Никонов, 2011]. Интересующее нас Кеминское землетрясение в Северном Прииссык-кулье сопровождалось многочисленными ощутимыми и разрушительными афтершоками (более 300 событий), наиболее сильные из которых произошли 9, 12 и 14 января 1911 г. Дополняют серию сильных сейсмических событий в северном горном обрамлении Иссык-Кульской впадины за последние сто с небольшим лет Кемино-Чуйское (20.06.1938 г.; $M = 6.9$; $I_0 = 8—9$), Джаланаш-Тюпское (24.03.1978 г.;

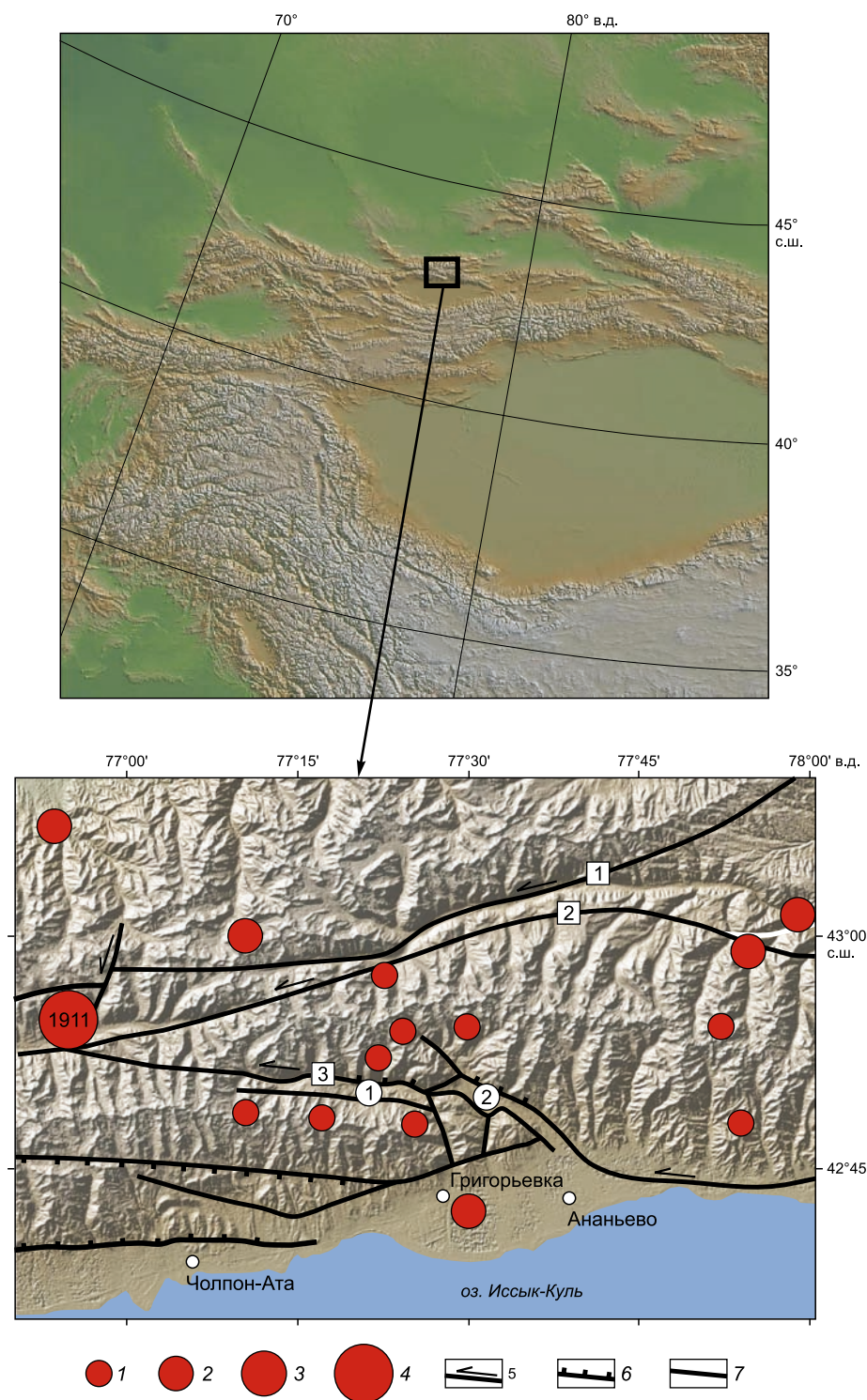


Рис. 1. Оттененный рельеф района исследований с вынесенными активными разломами, по [Дельво и др., 2001; Кальметьева и др., 2009] с изменениями и дополнениями.

1—4 — эпицентры исторических и инструментально зарегистрированных землетрясений за период с 250 г. до н.э. по 2014 г., по данным [Кальметьева и др., 2009], сейсмологических каталогов NEIC и IRIS: *1* — с $M = 5.0—5.9$, *2* — с $M = 6.0—6.9$, *3* — с $M = 7.0—7.9$, *4* — Кеминского 03.01.1911 г. с $M \approx 8$; *5—7* — активные разломы: *5* — сдвиги, *6* — взбросы, *7* — неясной кинематики. Цифры в квадратах (разломы): *1* — Чилико-Кеминский северный, *2* — Чилико-Кеминский южный, *3* — Аксуйский. Цифры в кружках (грабены): *1* — Чон-Аксуйский, *2* — Кичи-Аксуйский.

$M = 7$; $I_0 = 8—9$) и Чон-Байсоорунское (12.11.1990 г.; $M = 6.4$; $I_0 = 8$) землетрясения. Имеются отрывочные сведения о сильных исторических землетрясениях 250 г. до н.э. и 500 г. н.э. [Джанузаков и др., 2003; Кальметьева и др., 2009]. Палеосейсмологическими и археосейсмологическими исследованиями в Северном Прииссыккулье выявлены исторические сейсмические события в конце VII и IX вв., в первой половине XII в., в XIV в. н.э., а также сильные палеоземлетрясения, имевшие место в голоцене, в поздне- и среднечетвертичное время [Корженков и др., 1999, 2007, 2011; Корженков, 2000, 2006; Korjenkov, 2000; Bowman et al., 2004; Korjenkov et al., 2006a; Поволоцкая и др., 2006; и др.].

В результате почти столетних исследований были детально изучены первичные и вторичные сейсмодислокации Кеминской катастрофы: сложная система поверхностных разрывов, грунтовые и скальные оползни, каменные лавины [Кучай, 1969; Дельво и др., 2001; Argrowsmith et al., 2004, 2005; Корженков, 2006; Эрроусмит и др., 2012; Богданович и др., 2014]. Установлено, что зона поверхностных разрывов протянулась более чем на 250 км вдоль активизированных Чилико-Кеминских разломов (долина р. Чон-Кемин) и примыкающего к ним под углом Аксуйского разлома (долина р. Чон-Аксу и далее к северному берегу оз. Иссык-Куль в районе пос. Ананьево и Жаркынбаево) (рис. 1). Д. Дельво с соавторами [2001] она была разделена на шесть сегментов. Наши исследования последних лет, включая палеосейсмологические работы, направленные на определение количества, возраста и периода повторяемости сильных палеоземлетрясений, были сконцентрированы на Чон-Аксуйском и Кичи-Аксуйском сегментах, которые расположены в пределах одноименных грабенов кайнозойского заложения.

ЧОН-АКСУЙСКИЙ И КИЧИ-АКСУЙСКИЙ ГРАБЕНЫ

Аксуйский разлом является активной структурой, что подтверждают как события 1911 г., так и археосейсмологические исследования в долине р. Чон-Байсоорун. Они показали, что смещения стен Каменной средневековой крепости могли возникнуть в результате землетрясения первой половины XII в. с $M = 7.4$ и $I_0 = 9—10$ баллов [Корженков, 2006; Korjenkov et al., 2006a]. При этом помимо вертикального смещения величиной около 2 м фиксируется левосторонняя подвижка амплитудой чуть менее 4 м. В современной морфоструктуре между субпараллельными сбросами и взбросами, входящими в зону Аксуйского разлома, обособливаются Чон-Аксуйский и Кичи-Аксуйский грабены (см. рис. 1). Разделяющая грабены перемычка расположена в районе перевала Кок-Бель.

Оформление грабенов началось в начале палеогена, и они выполнены мощной толщей континентальных отложений, которые обнажаются в прибортовых частях впадин и в адырных поднятиях хр. Кунгей-Ала-Тоо. В основании разреза залегает коктурпакская свита ($P_{1-2}kk$, мощность до 35 м), сложенная розоватыми, желтовато-розоватыми, красными мелко- и среднегалечными конгломератами, брекчиями и грубозернистыми песчаниками с известковистым цементом, белыми и розовато-белыми пелитоморфными известняками с примесью песчанистого и щебенистого материала. Ее перекрывают кирпично-красные, розовые мелко- и среднегалечные конгломераты, плотные песчано-глинистые слои с вкраплениями гальки, линзами и прослоями гравелитов, объединяемые в киргизскую ($P_3—N_1kr$) свиту видимой мощностью более 275 м. Надстраивает разрез иссык-кульская свита (N_2is), достигающая мощности до 470 м и представленная в нижней части серыми, светло-розовыми мелко- и среднегалечными, слабосцементированными конгломератами, в верхней — розовыми и красноватыми аркозовыми песчаниками. На отложения иссык-кульской свиты несогласно налегают полого дислоцированные валунно-галечные конгломератобрекчии шарпылдакской ($N_2^3—Q_1^3sr$) свиты мощностью до 250 м. Верхняя часть разреза представлена среднелейстоцен-голоценовыми ледниковыми, флювиогляциальными, аллювиальными, пролювиальными, озерно-болотными, склоновыми гравитационными и водно-гравитационными образованиями. Общая мощность этих отложений достигает первых сотен метров [Фортуна, 1993].

СЕЙСМОДИСЛОКАЦИИ КЕМИНСКОГО (КЕБИНСКОГО) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 03.01.1911 г.

Аксуйский сегмент объединяет 23-километровую полосу сейсмодислокаций Кеминского землетрясения 1911 г., простирающуюся с юго-востока на северо-запад приблизительно по аз. 300° . На юго-восточном окончании субширотно ориентированный прерывистый сейсмоуступ высотой 1—3 м сечет предгорную равнину, пролювиальные конусы и голоценовые террасы к юго-востоку от пос. Кароол-Дёбё и далее к северу и северо-востоку от пос. Ананьево [Argrowsmith et al., 2004, 2005; Корженков, 2006; Эрроусмит и др., 2012]. На участке между реками Чот-Байсоорун и Тегирменты на трассе разрыва, прослеживающегося в основании горного склона, расположена крупнейшая сейсмогравитационная структура, образованная при Кеминском землетрясении, — Ананьевский обвал (рис. 2). Тело обвала, возникшего в гранитном массиве, имеет площадь около 0.5 км^2 , длину 800 м и ширину до 600 м, объем 15 млн м^3 [Havenith et al., 2003]. Западнее р. Тегирменты сейсмоуступ представлен в виде многочисленных левосторонних субпараллельных кулис.

Между левыми притоками Кичи-Аксу, реками Сюту-Булак и Джел-Карагай, наблюдается один из наиболее значительных уступов высотой до 6—10 м (рис. 3). Судя по извилистой морфологии уступа на



Рис. 2. Ананьевский сейсмообвал Кеминского землетрясения 1911 г.

поверхности, плоскость сейсмогенерирующего разлома близ поверхности резко выполаживается и имеет выраженную пологонадвиговую кинематику. Вследствие выполаживания и того, что всячее крыло надвигается на предгорную равнину, имеющую южный уклон, обычно падающая к северу плоскость разлома в ряде мест изгибается и меняет свое падение на обратное. Кроме того, в нескольких десятках-сотнях метров к северу от основного уступа наблюдаются структуры растяжения в виде сбросов, типичные для таких пологонадвиговых обстановок [Палеосейсмология, 2011]. Учитывая

пологое падение плоскости разлома и высоту сейсмоуступа в данной местности, амплитуда смещения по разрыву 1911 г. может составлять более 10 м. На рис. 3, *А* также отчетливо видно, что ниже по склону протягивается палеосейсмоуступ сходной высоты. Значительный родниковый комплекс маркирует разрыв 1911 г. в урочище Таш-Булак [Aggowsmith et al., 2004, 2005; Корженков, 2006; Эрроусмит и др., 2012].

Соединяет между собой Аксуйский и Чон-Аксуйский сегменты 5-километровый участок сейсморасположений северо-восточной ориентировки (аз. 50°). Высота сейсмоуступа здесь достигает 5 м. Выше по склону отчетливо читаются фрагменты более древних палеосейсмоуступов (рис. 4, *А*).

Субширотно ориентированный 26-километровый Чон-Аксуйский сегмент протягивается на запад через перевал Кок-Бель в долину р. Чон-Аксу. Высота сейсмоуступа в районе перевала 2—4 м (см. рис. 4, *Б*). Всячее (СЗ) крыло разлома сечется многочисленными крутыми разрывами СВ простирания, маркируемыми на поверхности ясно выраженными прямолинейными сейсмоуступами. По стенам небольшого загона для скота, нарушенным во время землетрясения 1911 г., сдвиговых подвижек не установлено [Aggowsmith et al., 2004, 2005; Корженков, 2006; Эрроусмит и др., 2012].

Последующие 9 км Чон-Аксуйского сегмента представляют наиболее выразительные морфоструктуры, созданные разрывом 1911 г. В месте пересечения долины р. Чон-Аксу наблюдается сейсмоуступ высотой 6—8 м [Aggowsmith et al., 2004, 2005; Корженков, 2006; Эрроусмит и др., 2012]. Изучение высотных уровней площадок речных террас позволяет предполагать наличие и более древних сейсмотектонических подвижек по разрыву с суммарной вертикальной амплитудой, включая эффект 1911 г., более 20 м (рис. 5).

Выше по течению р. Чон-Аксу наблюдаются «обратные» уступы, часто представляющие собой куполообразные поднятия вдоль взбросов высотой 6—8 м. Они сформированы в результате воздымания

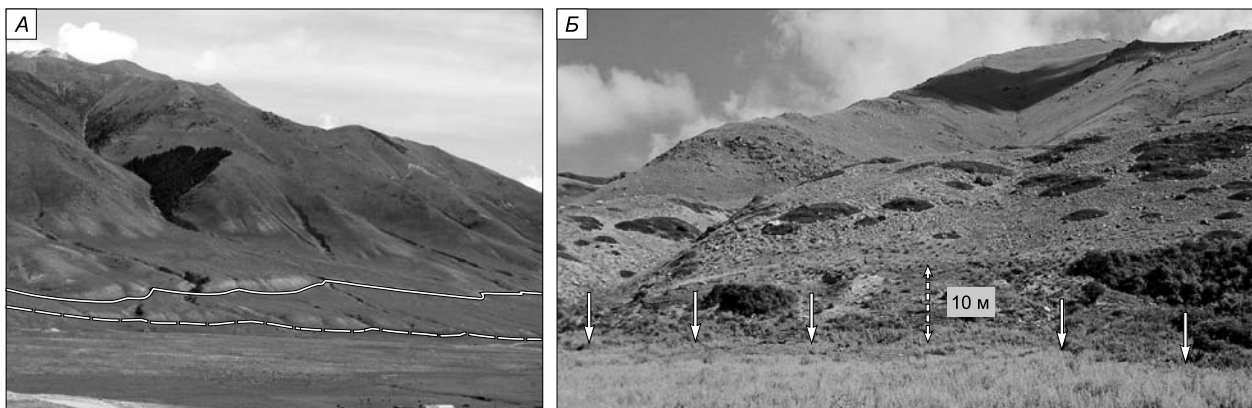


Рис. 3. А — фрагмент сейсмоуступа (сплошная линия в основании) Кеминского землетрясения 1911 г., протягивающегося вдоль горного склона между реками Сюту-Булак и Джел-Карагай.

Штриховая линия — основание палеосейсмоуступа. Вид на северо-восток.

Б — фрагмент сейсмоуступа (показан стрелками) в урочище Таш-Булак.

Вид на север.

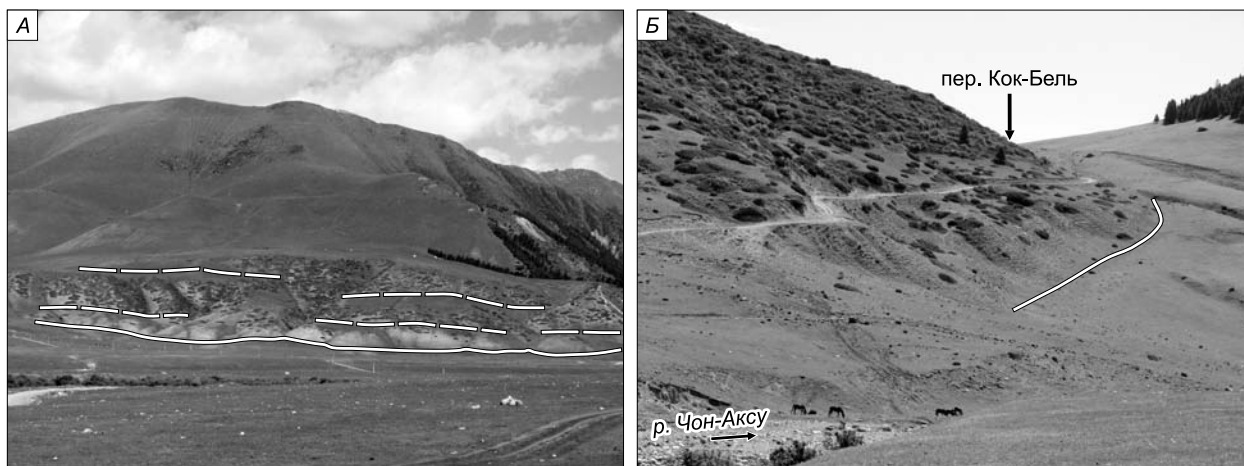


Рис. 4. Фрагменты сейсмоуступа (сплошная линия в основании), образовавшегося во время вспарывания очага землетрясения 1911 г.:

А — на участке, смыкающем Кичи-Аксуйский и Чон-Аксуйский сегменты (вид на северо-запад); *Б* — на спуске с перевала Кок-Бель в долину р. Чон-Аксу (вид на восток). Штриховые линии маркируют фрагменты палеосейсмоуступов.

в аллохтонах полифациальных плейстоцен-голоценовых отложениях, изначально расположенных ниже по склону относительно автохтона. В результате формирования сейсмоуступов образовались два подпрудных озера (рис. 6). Высота некоторых сейсмоуступов, например, в районе верхнего озера около 19 м явно указывает, что при землетрясении 1911 г. были подновлены древние сейсмодислокации. Положение ложбин временных водотоков, смещаемых уступом, показывает, что левосдвиговые смещения не превышали 1 м [Дельво и др., 2001].

В верховьях долины р. Чон-Аксу трасса разрыва выражена хуже в связи с интенсивной речной, перигляциальной и ледниковой деятельностью. Хорошо сохранились трещины на вершинах хребтов и отрогов в правой части долины в районе левого притока Кулаган-Таш. Однако возникли они как первичные разрывы или в связи с сотрясением, вызвавшим оседание грунта, осталось невыясненным. На протяжении 5 км западнее Кулаган-Таша дислокации, которые могли бы однозначно быть определены как сейсмогенный разрыв, не встречены за исключением верховий долины р. Чон-Аксу, в районе перевала Аксу, где смещение 1911 г. составило 4—5 м [Atrowsmith et al., 2004, 2005; Корженков, 2006; Эрроусмит и др., 2012].

Своеобразными сейсмогравитационными формами, связанными с землетрясением 1911 г. и более древними палеосейсмическими событиями, являются «мобилизованные» морены («псевдоморены») в районе Кулаган-Таша. Они представляют собой фрагменты плащевых морен с глетчерным льдом в основании, которые в результате сотрясений были дополнительно перекрыты большим количеством коллювиального материала, оторваны от основного глетчера и смещены на 200—300 м вниз к руслу Чон-Аксу [Чедия и др., 1994; Корженков, 2006]. Объемы этих оползневых тел составляют от 20 до 40 млн м³ [Дельво и др., 2001].

Как следует из приведенных выше материалов, одновременно с сейсмодислокациями, образованными во время землетрясения 1911 г., на исследованной территории наблюдаются сеймотектонические и сейсмогравитационные формы, относящиеся к палеокатастрофам. Эти наблюдения подтверждают предположение о повторяемости сильных землетрясений (по крайней мере) в голоцене и позднем плейстоцене вдоль Аксуйского краевого разлома Иссык-Кульской впадины, который



Рис. 5. Сейсмоуступ в месте пересечения разрывом р. Чон-Аксу.

Вид на северо-запад.

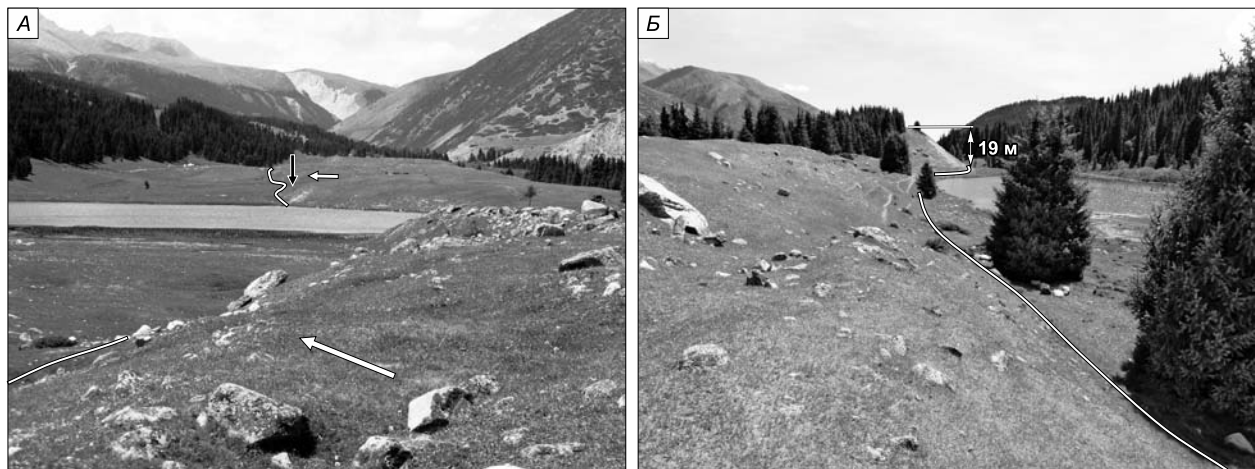


Рис. 6. Тектонически подпруженные нижнее (А, вид на запад, высота уступа 6—8 м) и верхнее (Б, вид на восток, высота уступа 8—19 м) озера в долине р. Чон-Аксу.

Белые линии — основания сейсмоуступов. Белые стрелки — направление движения аллохтона. Черная стрелка — место заложения палеосейсмологической траншеи, приведенной на рис. 7.

был активизирован во время землетрясения 1911 г. Подтвердить эти предположения позволяют траншейные исследования сейсмоуступов.

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 вкрест 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 ^{14}C возрастом 28860—28480 лет назад и палеопочву с радиоуглеродным возрастом 10215—9890 лет назад. В качестве коллювиального клина этого древнего события рассматривается слой сильно выветрелой почвы, насыщенный коллювиальным материалом и имеющий ^{14}C возраст 4160—3830 лет назад.

В 1999—2000 гг. международной командой исследователей палеосейсмологической траншеей вскрыт один из многоактных палеосейсмоуступов высотой около 19 м (см. рис. 6, Б), подновленный во время землетрясения 1911 г. [Абдрахматов и др., 2013]. Координаты южного окончания траншеи, измеренные нами, — $N = 42.83751^\circ$, $E = 077.36522^\circ$, $Alt = 2488$ м, точность измерения GPS-координат ± 9 м. В стенках траншеи, ориентированной с юга на север, были обнаружены свидетельства четырех событий, приведших к вспарыванию разлома. Радиоуглеродный возраст наиболее древнего события превышает 19500—20000 лет, а в результате него, по мнению исследователей, возникло тектонически-подпруженное озеро, подобное нынешнему верхнему озеру. Отложения этого озера имеют ^{14}C возраст 18029—17590 лет 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 ± 30 , 310 ± 80 , 300 ± 70 , 340 ± 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 работами 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.

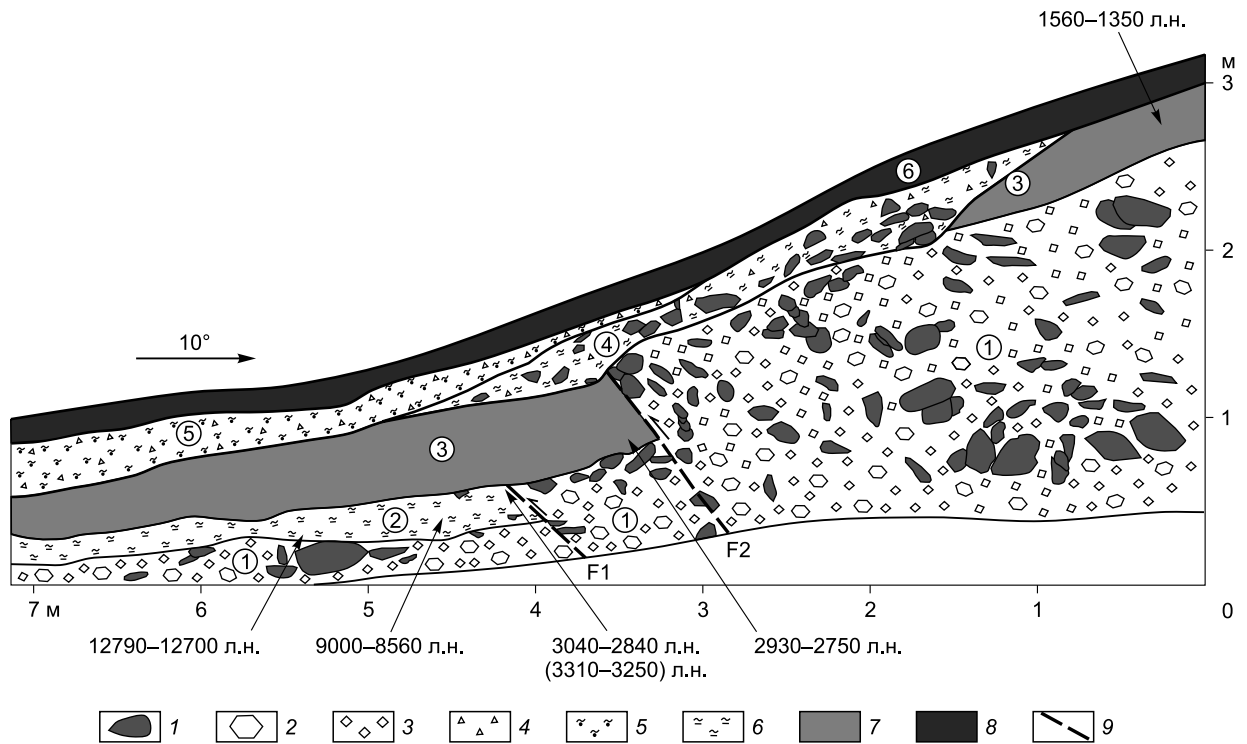


Рис. 7. Западная стенка палеосейсмологической траншеи в долине р. Чон-Аксу, в районе нижнего озера.

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. Цифры в кружках — номера слоев.

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° . Южное окончание траншеи имеет координаты: $N = 42.83971^\circ$, $E = 077.38855^\circ$, $Alt = 2372$ м (точность измерения GPS-координат ± 4 м). Произведено документирование западной стенки траншеи протяженностью 7.15 м (рис. 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. Лимний 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 *Bithynia* sp. (обр. DEKG-2014-9, определения И.И. Тетериной). Радиоуглеродный возраст раковин, определенный AMS-методом, составил 10870 ± 60 лет назад (Poz-66171). Калиброванный возраст может быть оценен как 12790—12700* лет назад. Из средней части слоя отобран образец слабогумусированного суглинка AKS-1. Его радиоуглеродный возраст составил 7910 ± 170 лет назад (Vs-2545), калиброванный возраст 9000—8560 лет назад. В восточной стенке траншеи, в прикровельной части слоя, непосредственно под навдиговой плоскостью F1, обнаружены фрагменты скелета *Ovis* sp. (определения А.В. Шпанского), обр. AKS-4. Радиоуглеродный возраст костного материала составил 2815 ± 90 лет назад (Vs-2547), калиброванный возраст 3040—2840 лет назад. Независимое датирование костного материала AMS-методом дало несколько более древний возраст — 3090 ± 30 лет назад (Poz-66569), калиброванный возраст 3310—3250 лет назад.

* 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 Томаш Гослар). Калиброванный возраст рассчитан с использованием программного обеспечения OxCal 4.2 [Bronk Ramsey, 2013] и калибровочной кривой IntCal2013 [Reimer et al., 2013].

Отложения слоев 1 и 2 смещены по плоскости F1, которая падает на север под углом 42°. В результате смещения в висячем крыле взброса отложения слоя 2 уничтожены последующей денудацией. Взбросовая подвижка запакована сверху слоем 3.

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

Отложения слоев 1 и 3 смещены по плоскости F2, которая падает на север под углом 55°. 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 F2) Кеминского землетрясения 1911 г. и соответствующего ей коллювиального клина, выявить взбросовое смещение — результат палеоземлетрясения, произошедшего около 3000 лет назад (плоскость F1). 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, 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 в. 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 г.). Уточнение временной кластеризации сейсмической активности Аксуйского разлома требует дальнейшего продолжения палеосейсмологических и археосейсмологических исследований.

Авторы благодарят С.В. Абдиеву, А.Р. Агатову, Н.Ш. Ажиканова, К. Кросби, Д.В. Лужанского, Й.В. Мажейку, Э.М. Мамырова, И.Э. Поволоцкую, Е.А. Рогожина, М.В. Родкина, А.Б. Фортуну, Т.А. Чаримова, Дж. Шена, Р. Эрроусмита, А.С. Юдахина за их помощь при проведении полевых и камеральных исследований.

Работа выполнена при поддержке Международного научно-технического центра (гранты КР-2011 и G-2153) и РФФИ (гранты 13-05-91168-ГФЕН_a, 14-05-00091a).

ЛИТЕРАТУРА

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.

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.). Труды Геол. комитета. Новая серия. СПб., 1914, вып. 89, 256 с.

Дельво Д., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., Стром А.Л. Оползни и разрывы Кеминского землетрясения 1911 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 Б., Гребенникова В.В. Сильные землетрясения Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов стран Центральной Азии). Бишкек, Илим, 2003, 216 с.

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.

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., Никонов А.А. Комплексное исследование разрушительного Беловодского землетрясения 1885 г. — первого из важнейших в Северном Тянь-Шане (к 125-летию события) // Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Тез. докл. 5-го Междунар. симпозиума. Бишкек, 19—24 июня 2011 г. Т. 2. Бишкек, ИС РАН, 2011, с. 45—52.

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., 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., 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.

Кучай В.К. Результаты повторного обследования деформаций в плейстоценовой области Кебинского землетрясения // Геология и геофизика, 1969 (8), с. 101—108.

Палеосейсмология / Ред. Д.П. Мак-Калпин. М., Научный мир, 2011, т. 1, 560 с.

Поволоцкая И.Э., Корженков А., 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.

Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Под ред. Н.В. Кондорской, Н.В. Шебалиной. М., Наука, 1977, 536 с.

Фортуна А.Б. Мезозойские и палеоген-неогеновые отложения // Детальное сейсмическое районирование Иссык-Кульской впадины. Бишкек, Илим, 1993, с. 11—15.

Чедия О.К., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., Корженков А.М. Сейсмогравитационные структуры Кыргызстана // Геология кайнозоя и сейсмоструктурология Тянь-Шаня. Бишкек, Илим, 1994, с. 85—97.

Эрроусмит Р., Кросби К., Корженков А.М., Мамыров Э.М. Сейсмические параметры Кеминского (Кебинского) землетрясения 1911 г. в Северном Тянь-Шане // Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Тез. докл. 5-го Междунар. симпозиума, г. Бишкек, 19—24 июня 2011 г. Т. 1. Бишкек, ИС РАН, 2012, с. 102—108.

Arrowsmith J.R., Crosby C.J., Korjenkov A.M., Mamurov E., 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, Fall Meet. Suppl., Abstract. San-Francisco, USA, 2004, v. 85 (47), p. T14C-02.

Arrowsmith J.R., Crosby C.J., Korjenkov A.M., Mamurov 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 // Sedimen. Geol., 2004, v. 163, p. 211—228.

Bronk Ramsey C. OxCal Version 4.2.2. University of Oxford Radiocarbon Accelerator Unit. Computer Program, 2013. Available at: c14.arch.ox.ac.uk/embed.php?File=oxcal.html.

Havenith H.-B., Strom A., Jongmans D., Abdrakhmatov K., Delvaux D., Tréfois P. Seismic triggering of landslides, Part A: Field evidence from the Northern Tien Shan // *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2003, v. 3, № 1—2, p. 135—149.

Korjenkov A.M. Seismogenic convolutions in soft lacustrine sediments of the Issyk Kul Lake, Tien Shan, Kirgizstan — Initial Report // *J. Earth. Predict. Res.*, 2000, v. 8, № 4, p. 514—519.

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

Korjenkov A.M., Michajljow W., Wetzel H.-U., Abdybashev U., Povolotskaya I.E. Field excursion guidebook. International training course «Seismology and Seismic Hazard Assessment». Bischkek-Potsdam, GFZ-ZAIAG, 2006b, 112 p.

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., Haffidason 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.

*Рекомендована к печати 28 мая 2015 г.
В.С. Селезевым*

*Поступила в редакцию
17 декабря 2014 г.*