

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ И АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛАБАШ-КОНУРОЛЕНСКОЙ
ВНУТРИГОРНОЙ ВПАДИНЫ (Южное Прииссыккулье, Кыргызстан)**

**Е.В. Деев^{1,2}, И.В. Турова^{1,2}, А.М. Корженков^{3,4}, Д.В. Лужанский⁴, А.С. Гладков⁵,
М.В. Родкин⁶, С.В. Абдиева⁴, И.В. Мажейка⁷, Е.А. Рогожин³, А.Б. Фортуна⁴,
А.М. Муралиев⁴, Т.А. Чаримов⁴, А.С. Юдахин⁴**

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, 123242, Москва, ул. Бол. Грузинская, 10, Россия*

⁴ *Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина, 720000, Бишкек, ул. Киевская, 44, Кыргызстан*

⁵ *Институт земной коры СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия*

⁶ *Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН,
117997, Москва, ул. Профсоюзная, 84/32, Россия*

⁷ *Nature Research Centre, Akademijos Str., 2, LT-08412, Vilnius, Lithuania*

Результаты проведенных палеосейсмологических и археосейсмологических исследований подтвердили надвижение северного борта Алабаш-Конуроленской впадины на ее осадочное выполнение. Впервые в пределах впадины выявлены следы двух древних землетрясений, произошедших в интервале 7300—8400 л. н. и в XVI (?) веке н. э. Параметры сейсмоустапа (протяженность 2.3 км) и соответствующего взброса (смещение 0.4 м) землетрясения XVI в. позволили оценить минимально возможную величину магнитуды сейсмического события в диапазоне от 6.6 до 6.8. Минимальная магнитуда более древнего землетрясения имеет сопоставимую величину. Полученные результаты указывают на необходимость внести поправки в существующую схему сейсмического районирования Республики Кыргызстан, согласно которой на исследуемой территории возможны землетрясения с $M \leq 6.5$.

Землетрясения, палеосейсмология, археосейсмология, Алабаш-Конуроленская впадина, Северный Тянь-Шань.

**PALEOSEISMOLOGICAL AND ARCHAEOSEISMOLOGICAL DATA FROM
THE WESTERN ALABASH-KONUROLEN INTRAMONTANE BASIN
(southern Lake Issyk Kul area, Kyrgyzstan)**

**E.V. Deev, I.V. Turova, A.M. Korzhenkov, D.V. Luzhansky, A.S. Gladkov, M.V. Rodkin,
S.V. Abdieva, I.V. Mazheika, E.A. Rogozhin, A.B. Fortuna, A.M. Muraliev,
T.A. Charimov, and A.S. Yudakhin**

Paleoseismological and archaeoseismological studies have furnished proof that the northern border of the Alabash-Konurolen basin is thrusting over the basin sediments. The sediments store a record of two earthquakes that occurred between 8400 and 7300 yr BP and presumably in the 16th century. The minimum magnitude of the latter earthquake was estimated, based on the length (2.3 km) of the fault scarp it produced and the amount of displacement (0.4 m) on the respective reverse plane, to range within 6.6–6.8. The older event was of about the same minimum magnitude. The results call for a revision of the existing seismic risk division of Kyrgyzstan that places the Alabash-Konurolen basin into a zone of $M \leq 6.5$ seismicity.

Earthquake, paleoseismology, archaeoseismology, Alabash-Konurolen basin, Northern Tien Shan

ВВЕДЕНИЕ

Территория Прииссыккулье расположена в пределах северной части Тянь-Шаня, который представляет собой активный внутриконтинентальный ороген и формируется как часть Гималайского горного пояса в результате коллизии Индийской и Евразийской плит [Molnar, Tarronnier, 1975; Le Pichon

© Е.В. Деев✉, И.В. Турова, А.М. Корженков, Д.В. Лужанский, А.С. Гладков, М.В. Родкин, С.В. Абдиева, И.В. Мажейка, Е.А. Рогожин, А.Б. Фортуна, А.М. Муралиев, Т.А. Чаримов, А.С. Юдахин, 2016

✉ e-mail: deev@ngs.ru

DOI: 10.15372/GiG20160708

et al., 1992]. Большинство известных сейсмических катастроф в Прииссыккулье связано с сейсмогенерирующими зонами северного горного обрамления Иссык-Кульской внутригорной впадины. Это, прежде всего, произошедшие за столетний период Чиликское (11.07.1889 г., $M = 8.3$, $I_0 = 10$) и Кеминское (Кебинское) (03.01.1911 г., $M \approx 8$, $I_0 = 10-11$), Джаланаш-Тюпское (24.03.1978 г., $M = 7$, $I_0 = 8-9$) 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. [Новый каталог..., 1977; Джанузаков и др., 2003; Кальметьева и др., 2009]. Палеосейсмологическими и археосейсмологическими исследованиями 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, поздне- и среднечетвертичное время [Корженков, 2000, 2006; Korjenkov, 2000; Bowman et al., 2004; Korjenkov et al., 2006a,b; Корженков и др., 2007, 2011, 2015a,b, 2016; Абдрахматов и др., 2013; Деев, Корженков, 2016].

В Южном Прииссыккулье сильные землетрясения за время инструментальных наблюдений не зарегистрированы. Но наши палеосейсмологические и археосейсмологические исследования последних лет позволили и здесь выявить неизвестные ранее первичные и вторичные сейсмодислокации, нарушения конструкций археологических памятников, которые указывают на приуроченность к южному горному обрамлению Иссык-Кульской впадины эпицентральных зон сильных древних (позднечетвертичных, голоценовых и исторических) землетрясений [Корженков и др., 2014a,b, 2016]. В представляемой статье приводятся новые результаты работ авторов в этом направлении.

НЕОТЕКТОНИКА И СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Формирование неотектонической структуры Прииссыккулье как части Тянь-Шаньского внутриконтинентального орогена (рис. 1, А) обусловлено коллизионным взаимодействием Индийской и Евразийской литосферных плит и началось, согласно термохронологическим и геологическим данным, в позднем олигоцене [Шульц, 1948; Чедия, 1986; Трифионов и др., 2008; Glorie et al., 2010, 2011; Буртман, 2012; De Grave et al., 2013; Macaulay et al., 2013, 2014].

Поднятие земной коры резко ускорилось 2—3 млн л. н. С этого момента происходит усложнение орографии региона и окончательное формирование высокогорного рельефа Прииссыккулье, что выразилось в увеличении скоростей эрозионного врезания, разрастании хребтов за счет впадин и погрубением новейшей молассы (шарпылдакская свита) [Шульц, 1948; Чедия, 1986; Трифионов и др., 2008; Буртман, 2012]. Формирование горных хребтов и впадин в условиях общего субмеридионального сжатия происходило при активном развитии субширотных левосторонних сдвигов. Формировавшиеся в режиме транспрессии хребты представляют собой структуры выжимания типа «flower structures», а расположенные между ними впадины с одной или двух сторон ограничены взбросами и надвигами и имеют тенденцию к сокращению [Чедия, 1986; Абдрахматов и др., 2001; Buslov et al., 2003; Burgette, 2008; Selander et al., 2012].

Алабаш-Конуроленская впадина расположена к югу от оз. Иссык-Куль и вытянута в субширотном направлении на 34 км при ширине до 7.5 км (см. рис. 1, Б). Абсолютные отметки днища котловины составляют около 2000 м. С юга она ограничена хр. Терскей-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 асимметричный 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 (рис. 2), 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 Кокондыр-Тегерекскому взбросу датируется началом квартала [Корженков, 1987; Korjenkov et al., 2006b]. Интенсивность вертикальных движений по взбросу, сместитель которого падает в северных румбах, и формирование адырных хребтов являются достаточно интенсивными. На это указывают антецедентные 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 антецедентный участок палеодолины Ак-Терека (современный перевал Дувана), где фиксируются следы среднеплейстоценовой речной аккумуляции [Макаров, 1977; Korjenkov et al., 2006b]. Поднимающиеся адыры способствовали формированию во впадине голоценового тектонически-подпрудного озера, отложения которого широко распространены в ее северной части [Геологическая карта..., 1968]. По этой же причине значительные площади во впадине в настоящее время подвержены заболачиванию. В обрамляющих впадину хребтах обнажаются комплексы докайнозойского основания. Среди них доминируют массивы нижнепалеозойских гранитов, гранодиоритов, диоритов, реже габбро, протерозойские метаморфические комплексы. Сама впадина заполнена среднеплейстоцен-голоценовыми ледниковыми, флювиогляциальными, пролювиальными, аллювиальными, озерно-болотными и эоловыми отложениями, общая мощность которых остается неиз-

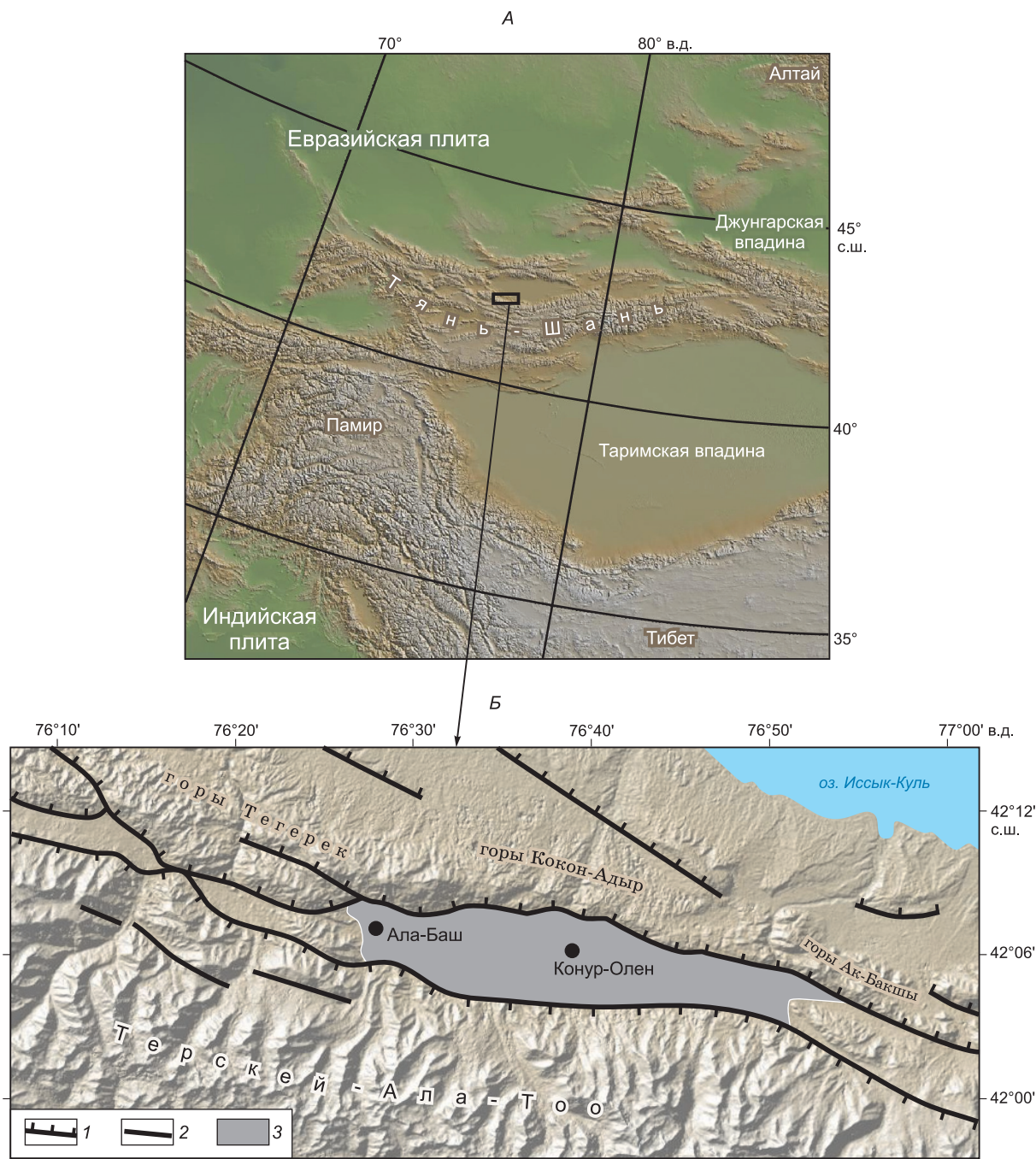


Рис. 1. Положение района исследований в структуре Центральной Азии (А); оттененный рельеф района исследований с вынесенными активными разломами, по [Корженков, 1987; Абдрахматов и др., 2001; Кальметьева и др., 2009] с изменениями и дополнениями авторов (Б).

1, 2 — активные разломы: 1 — взбросы, 2 — неясной кинематики; 3 — Алабаш-Конуроленская впадина.

вестной [Геологическая карта..., 1968]. Широкой наземной дельтой р. Конур-Олен впадина условно разделяется на западную (Ала-Башскую) и восточную (Конур-Оленскую) части.

В поле распределения эпицентров инструментально зарегистрированных землетрясений в пределах изученного района фиксируются события магнитудой не выше 5. Отдельные эпицентры расположены юго-восточнее, в пределах южного склона хр. Терской-Ала-Тоо, обращенного к долине р. Балгарт [Кальметьева и др., 2009]. 20.09.2013 г. к северо-западу от района исследований (на побережье оз. Иссык-Куль между селами Кара-Талаа, Улахол, Бар-Булак, Оттук и Кара-Тоо) произошло землетрясе-

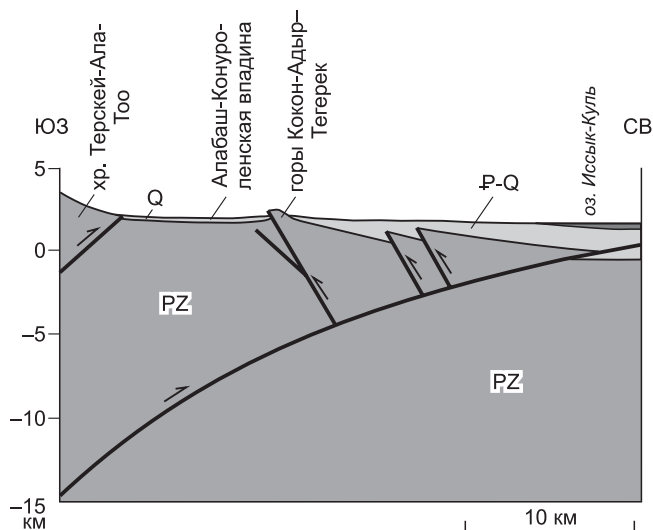


Рис. 2. Модель неотектонической структуры Южного Прииссыккуля, по [Burgette, 2008] с изменениями.

ние с $M_{pv} = 5.2$ и $I_0 = 4-5$ баллов [Абдыраева и др., 2014]. С учетом таких инструментальных данных район исследований на картах сейсмического районирования территории Кыргызской Республики расположен в зоне ожидаемых землетрясений с магнитудой ≤ 6.5 (рис. 3).

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты палеосейсмологических исследований

В северном борту западной части впадины выявлен широтный сейсмоуступ (разломный уступ) протяженностью 2.3 км и высотой до 4—6 м, нарушающий позднеплейстоцен-голоценовые конусы выноса (рис. 4, 5). Ниже по склону зафиксирован фрагмент второго сейсмоуступа длиной 350 м.

В западной стенке сухого сая, прорезающего сейсмоуступы в месте их сочленения, в точке с координатами (42.12703° N, 76.49076° E, Alt = 2068 м, точность измерения GPS-координат ± 10 м) описан разрез, в котором в стратиграфической последовательности вскрыт следующий набор пролювиальных слоев (рис. 6).

Слой 1. Серый щебнеотломник с отдельными валунами. Мощность более 0.45 м.

Слой 2. Линза серого крупногубозернистого песка протяженностью около 2.6 м и мощностью до 0.2 м. Из песка отобраны раковины гастропод (обр. DEKG-2014-6). ^{14}C возраст раковин, определенный AMS методом, составил 7550 ± 40 л. н. (Poz-66205)*, калиброванный возраст — 8400—8340 л. н.

Слой 3. Линза серого щебнедресвяника протяженностью 2.3 м и мощностью до 0.16 м. Щебень преимущественно крупный (> 5 см).

Слой 4. Линза серого щебнедресвяника протяженностью около 1.7 м и мощностью до 0.4 м. Щебень преимущественно мелкий (< 5 см).

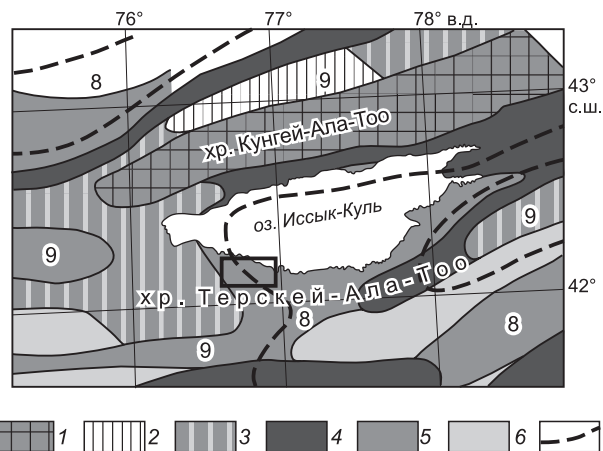
Залегание слоев 1—4 нарушено разломом F1, имеющим взбросовую кинематику и падающим на север под углом 40° . Амплитуда смещения составляет 0.5 м. Слои 1—4 и нарушающий их взброс срезаются слоями 5—7.

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

Рис. 3. Фрагмент «Карты сейсмического районирования территории Кыргызской Республики», 2011 г., по [Абдрахматов и др., 2012].

1—6 — зоны возникновения землетрясений с различными магнитудами: 1 — ≥ 8.0 , 2 — ≤ 8.0 , 3 — ≤ 7.5 , 4 — ≤ 7.0 , 5 — ≤ 6.5 , 6 — ≤ 6.0 ; 7 — границы зон различной исходной балльности. Цифры — возможная балльность. Черный прямоугольник — район исследований.



* Определения радиоуглеродных возрастов AMS методом выполнены в радиоуглеродной лаборатории г. Познань (Польша, руководитель профессор Т. Госляр). Калиброванный возраст рассчитан с использованием программного обеспечения OxCal 4.2 [Bronk Ramsey, 2013] и калибровочной кривой IntCal2013 [Reimer et al., 2013].

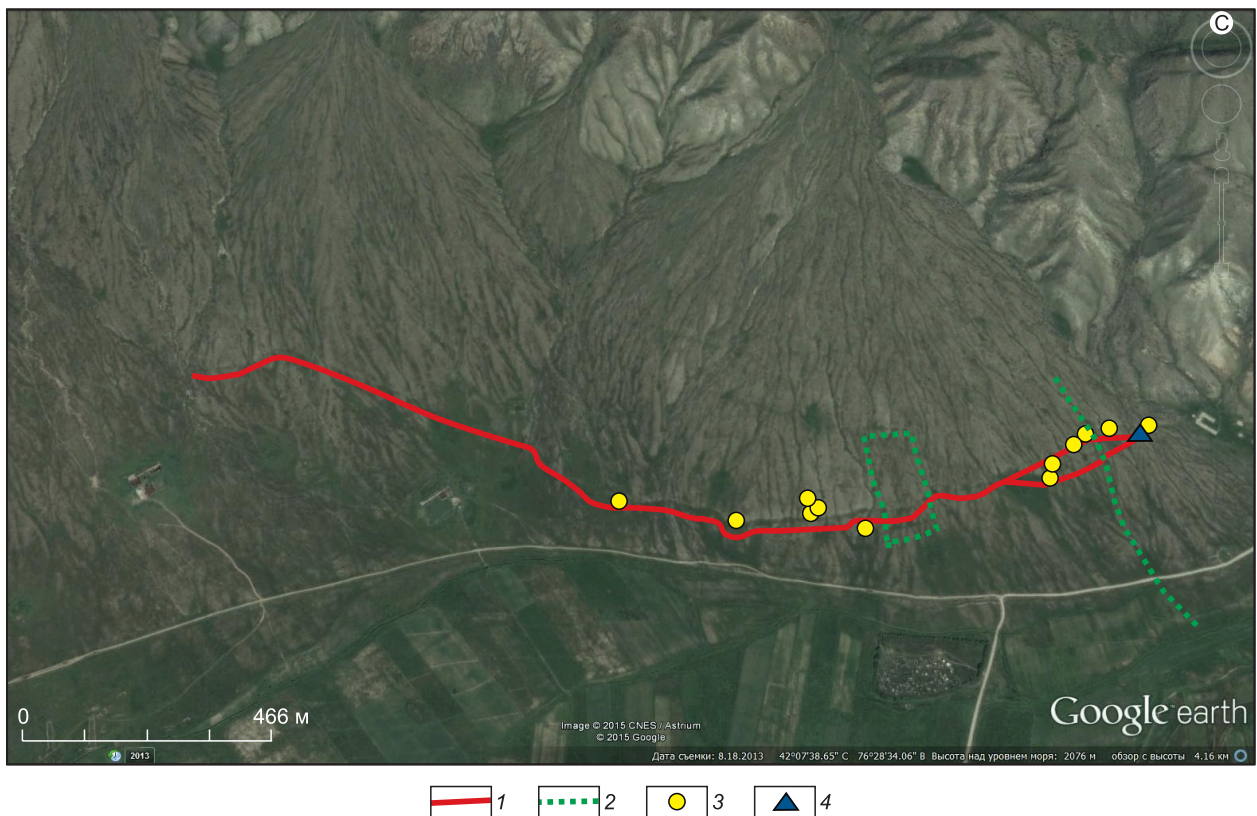


Рис. 4. Северный борт западной части Алабаш-Конуроленской впадины.

Показаны пролювиальные конусы выноса, нарушенные широтными сейсмоуступами. 1 — сейсмоуступы, 2 — каменные стены, 3 — деформированные курганы, 4 — положение разреза (рис. 6).

(обр. DEKG-2014-5). ^{14}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 супеси. 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 0,4 м. В результате поднятия северного крыла разлома слой 7 частично эродирован. Слой 7 и нарушающий его целостность взброс F2 перекрываются слоем 8.

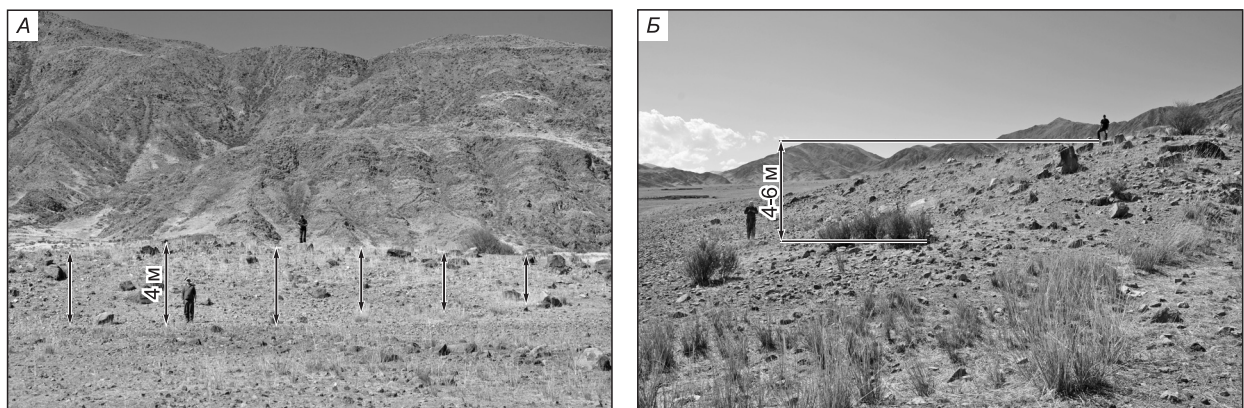


Рис. 5. Основной сейсмогенный уступ в северном борту Алабаш-Конуроленской впадины.

А — вид на север, Б — вид на запад.

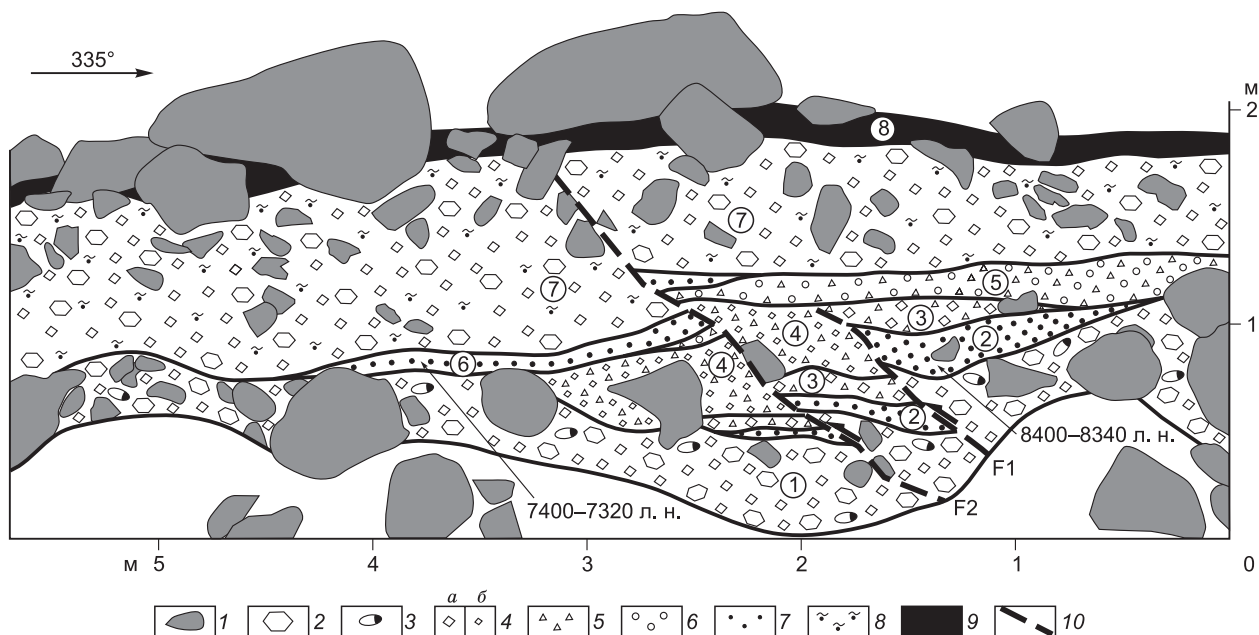


Рис. 6. Разрез западной стенки сухого сая, пересекающего сейсмогенный уступ в северном борту Алабаш-Конуроленской впадины.

1 — наиболее крупные валуны, отломы и глыбы; 2 — отломы; 3 — валуны; 4 — щебень: а — крупный, б — мелкий; 5 — древесина; 6 — гравий; 7 — песок, 8 — супесь, 9 — современная бедная гумусом горная почва, 10 — разломы. 1—7 — пролювиальные слои.

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 Ала-Башской впадины надвигается на ее осадочное выполнение. Возраст землетрясения, сформировавшего подвижку по плоскости F1, находится в диапазоне 7300—8400 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. 4).

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-Баи 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 м и высотой от 0,3—1,5 м. 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-усунским временем, т. е. III в. до н. э. — V в. н. э. [Винник, 1985]. Ряд курганов расположен непосредственно на бровке или склоне сейсмоуступа (рис. 7). У них наблюдается сползание вниз по склону уступа каменного материала насыпей, деформации внешних каменных колец курганов.

В пределах курганного поля насчитывается около 200 камней (*комплекс петроглифов Ала-Баи*), 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

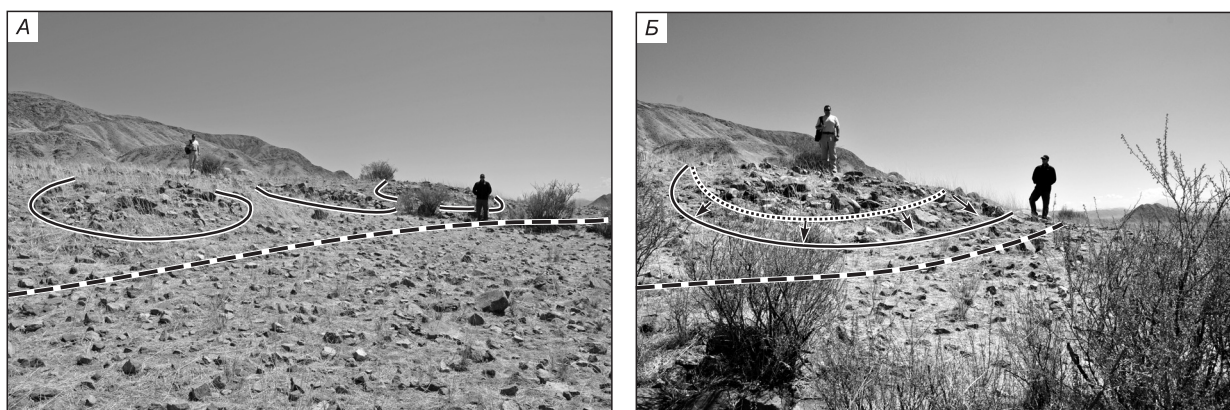


Рис. 7. Цепочка курганов (А) и один из курганов цепочки (Б), расположенные на склоне сейсмоуступа.

Штриховая линия — основание сейсмоуступа, пунктирная — первоначальный диаметр насыпи кургана, сплошная — оконтурирует смещенный каменный материал насыпи, стрелки указывают направление смещения камней.

загаром поверхности камней так, что изображения почти незаметны и их можно рассмотреть только при определенном угле освещения.

Среди рисунков преобладают изображения козлов, одиночные и групповые фигуры. В основной массе на рисунках 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, Помаскина, 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 частнофеодалные 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 полуседлости и оседлости местного скотоводческого населения [Бернштам, 1952; Кожемяко, 1963; Плоских, 1975]. Во время разведки на Иссык-Куле в сентябре 1973 г. Д.Ф. Винник показал каменную стену в долине р. Конур-Олен, 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 распадке 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 сохра-



Рис. 8. Вертикальное смещение каменных стен на участках их пересечения сейсмоуступом:

А — западной стены четырехугольника, *Б* — восточной стены четырехугольника.

нился второй ряд камней. Это позволяет утверждать, что стена была сложена минимум из двух рядов камней. На наличие второго ряда также указывают камни, лежащие в настоящее время вдоль стен.

Субмеридионально ориентированные стены пересекаются основным сейсмогенным уступом. В месте пересечения наблюдаются участки вертикального смещения стен (рис. 8). В восточной протяженной стене при приближении к сейсмоуступу наблюдаются поперечные изгибы (рис. 9), формирование которых может быть связано как с горизонтальными движениями грунта во время землетрясения, так и со смещением вниз поверхности пролювиального конуса при формировании сейсмоустапа. Определенно в пользу воздействия сейсмического удара на стены указывают направленные выбросы камней (на расстоянии до 1.5—2.0 м), находившихся в стенах (рис. 10). Отметим и то обстоятельство, что выбросы от субширотно ориентированных стен в среднем несколько больше, чем от субмеридиональных

стен. Отсюда можно предположить, что компоненты движений в направлении север—юг были сильнее, чем в направлении восток—запад. Такое наблюдение указывает на предположительно более сильное развитие надвиговых движений в очаге по сравнению со сдвиговыми.

Возраст стен может быть указан весьма предположительно. Они могут быть археологическим объектом широкого интервала: от культур сако-усуньского времени вплоть до XVIII в. [Плоских, 1975]. Некоторую определенность вносят исследования В.М. Плоских [1975] корука Туура-Суу, который расположен в пределах Тонской долины, примыкающей с востока к изучаемой 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. На каменный корук сверху пристроен глинобитный, который существовал, по крайней мере, с первой половины XVIII по XIX в. Следовательно, корук датируется XIII—XVII вв.

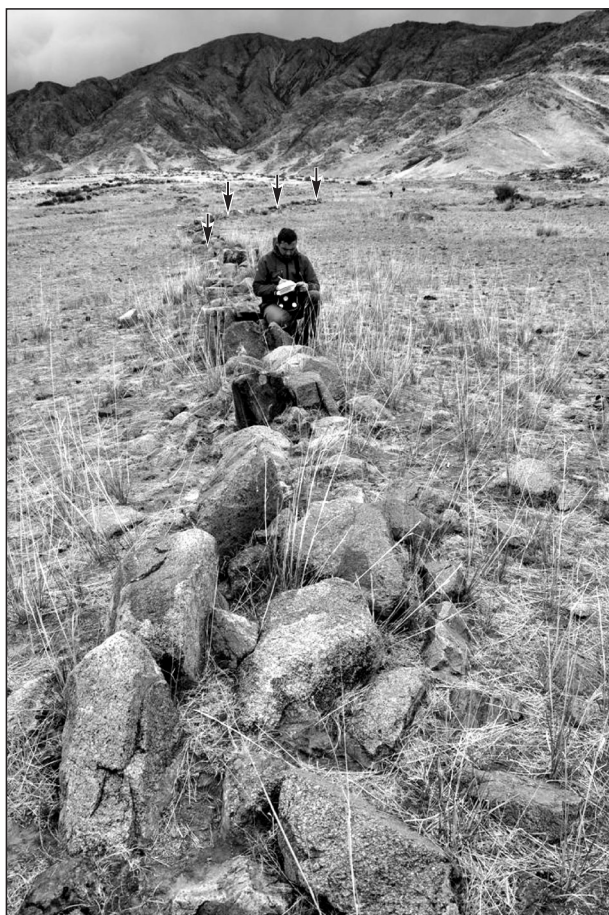


Рис. 9. Зигзагообразный изгиб восточной стены при приближении к уступу.

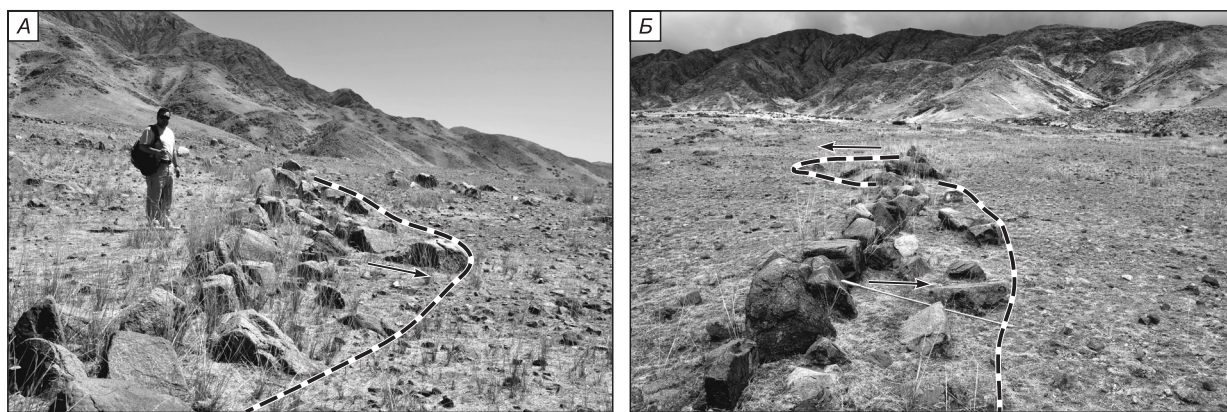


Рис. 10. Направленные выбросы камней из каменных стен:

А — на юг из южной стены каменного четырехугольника, *Б* — на запад и восток из восточной стены.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты проведенных палеосейсмологических и археосейсмологических исследований позволили выделить в пределах северного борта Алабаш-Конуроленской впадины следы двух сильных землетрясений в виде разломов надвиговой кинематики. Наиболее древнее сейсмическое событие удалось ограничить интервалом возрастов 7300—8400 л. н. Какой вывод 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 два 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, административную 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 в. [Корженков и др., 2015б, 2016а,б].

Наконец, параметры основного сейсмоустапа и более молодого разрыва F2 позволяют рассчитать минимально возможное значение магнитуды землетрясения XVI в. С этой целью мы использовали соотношения, выведенные А.А. Никоновым для горных районов Средней Азии [Nikonov, 1989]:

$M = 7.09 + 0.79 \lg D$, где D — величина смещения (м) по разрыву (в нашем случае 0.4 м) => $M = 6.8$.

$M = 6.61 + 0.55 \lg L$, где L — длина (км) зоны разрыва на поверхности (в нашем случае 2.3 км) => $M = 6.8$.

Если рассматривать смещение в 0.4 м (выявлено на восточном краю сейсмоустапа, где он нивелируется в рельефе) по плоскости разлома F2 как наименьшее среднее вдоль сейсмоустапа, то, согласно [Wells, Coppersmith, 1994], имеем:

$M = 6.93 + 0.82 \lg AD$, где AD — среднее смещение (м) => $M = 6.6$.

Если учитывать коэффициенты корреляции только для разломов взбросово-надвиговой кинематики [Wells, Coppersmith, 1994], то получим:

$M = 6.64 + 0.13 \lg AD$ => $M = 6.6$.

Близкие значения магнитуды можно получить с использованием соотношения, приведенного в работе [Солоненко, Хромовских, 1978]:

$M = 0.51 \lg h + 7$, где h — высота сейсмоуступа (в нашем случае ее минимальная величина сопоставима с выявленной величиной перемещения по плоскости F2) $\Rightarrow M = 6.8$.

Естественно, что при дальнейшем изучении сейсмоуступа в его центральной части, где высота достигает 4—6 м, могут быть выявлены существенно большие значения величины смещения вдоль плоскости разрыва F2 (даже при многоактном формировании уступа), что, соответственно, приведет к увеличению магнитуды обсуждаемого землетрясения. Проведенное дешифрирование космоснимков высокого разрешения также показывает наличие сопоставимых по размерам и структурно-геоморфологическому положению фрагментов сейсмоуступов к востоку и к западу от изученного. Если предположить, что они являются сегментами зоны первичных деформаций одного землетрясения, то, согласно [Nikonov, 1989]:

$M = 7.26 + 0.32 \lg l$, где l — длина единичного разрыва (км) (возьмем наш сейсмоуступ с его 2.3 км) $\Rightarrow M = 7.4$.

Очевидно, что минимальная магнитуда более древнего землетрясения, сформировавшего взброс F1, имеет сопоставимую величину. Согласно шкале MSK-64, интенсивность (I) землетрясений при таких магнитудах могла составлять 8—10 баллов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных палеосейсмологических и археосейсмологических работ подтвердили факт надвигания северного борта Алабаш-Конуроленской впадины на ее осадочное выполнение.

Впервые в пределах впадины выявлены следы двух древних землетрясений, произошедших в интервале 7300—8400 л. н. и в XVI (?) веке н. э.

Длина сейсмоуступа землетрясения XVI в. и параметры соответствующего взброса позволили оценить минимальное значение магнитуды сейсмического события от 6.6 до 6.8. Очевидно, что дальнейшее изучение параметров разлома в центральной части сейсмоуступа, а также подобных сейсмоуступов к западу и к востоку от изученного приведет к увеличению значения магнитуды. Минимальная магнитуда более древнего землетрясения, сформировавшего взброс F1, имеет сопоставимую величину. Землетрясения с такой магнитудой могли генерировать сейсмический эффект на дневной поверхности с интенсивностью 8—10 баллов по шкале MSK-64.

Полученные результаты указывают на необходимость ввести поправки в существующую схему сейсмического районирования Республики Кыргызстан, согласно которой на исследуемой территории возможны землетрясения лишь с $M \leq 6.5$.

Актуальность проведенных работ определяется тем, что в непосредственной близости к району исследования находится Каджисайское хранилище радиоактивных отходов, разрушение которого может привести к экологической катастрофе.

Исследования проведены при поддержке проектов МНТЦ KR-2011 и G-2153.

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 (Киргизия) // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (10), с. 1585—1609.

Абдрахматов К.Е., Джанузакоев К.Д., Фролова А.Г., Погребной В.Н. Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики (Объяснительная записка). Бишкек, Илим, 2012, 51 с.

Абдрахматов К.Е., Стром А.Л., Дельво Д., Хавенит Х.В., Виттори Е. Временная кластеризация сильных землетрясений Северного Тянь-Шаня // Вестн. Ин-та 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 ($M_{py} = 5.2$) в юго-западной части Иссык-Кульской впадины, Кыргызстан // Вестн. Ин-та сейсмологии НАН КР, 2014, № 3, с. 19—23.

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.

Буртман В.С. Геодинамика Тибета, Тарима и Тянь-Шаня в позднем кайнозое // Геотектоника, 2012, № 3, с. 18—46.

Винник Д.Ф. Свод памятников истории и культуры Иссык-Кульской области и Чуйской долины (памятники археологии). Фрунзе, Илим, 1985, 312 с.

Винник Д.Ф., Помаскина Г.А. К вопросу о датировке наскальных изображений Прииссыккуля // Археологические памятники Прииссыккуля / Под ред. П.Н. Кожемяко, Д.Ф. Винника. Фрунзе, Илим, 1975, с. 87—101.

- Геологическая карта СССР. М-6 1:200 000. Серия Северо-Тянь-Шаньская. К-43-XVII.** Министерство геологии СССР. Л., Картфабрика ВАГТ, 1968.
- Деев Е.В., Корженков А.М.** Палеосейсмологические исследования в эпицентральной зоне Кеминского землетрясения 1911 г. в Северном Тянь-Шане // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (2), с. 421—430.
- 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.
- Кожемяко П.Н.** Оседлые поселения Таласской долины // Археологические памятники Таласской долины / Ред. П.Н. Кожемяко. Фрунзе, Изд-во АН Киргизской ССР, 1963, с. 145—224.
- Корженков А.М.** Особенности строения и формирования морфоструктур на юго-западе Иссык-Кульской впадины // Изв. АН Кирг. ССР, 1987, № 2, с. 54—59.
- 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., Поволоцкая И.Э., Мамыров Э.** Морфологическое выражение четвертичной деформации в северо-западных предгорьях Иссык-Кульской 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.
- 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, 2014а, т. 41, № 2, с. 30—40.
- 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 // Вестн. РФФИ, 2014б, № 1 (81), с. 15—20.
- Корженков А.М., Абдиева С.В., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А., Юдахин А.С.** Сейсмически мобилизованные морены в Тянь-Шане // Геология и геофизика, 2015а, т. 56 (10), с. 1871—1881.
- Корженков А.М., Кольченко В.А., Лужанский Д.В., Рогожин Е.А., Мажейка Й., Фортуна А.Б., Казмер М., Абдиева С.В., Деев Е.В., Родина С.Н., Шен Д., Юдахин А.С.** Археосейсмологическое исследование Курментинского средневекового городища, Северо-Восточное Прииссыккулье, Кыргызстан // Вопросы инженерной сейсмологии, 2015б, т. 42, № 1, с. 70—81.
- Корженков А.М., Кольченко В., Лужанский Д., Абдиева С.В., Деев Е.В., Мажейка Й.В., Рогожин Е.А., Родина С.В., Родкин М.В., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А., Юдахин А.С.** Археосейсмологические исследования и структурная позиция средневековых землетрясений на юге Иссык-Кульской впадины (Тянь-Шань) // Физика Земли, 2016, № 2, с. 71—86.
- Макаров В.И.** Новейшая тектоническая структура Центрального Тянь-Шаня. М., Наука, 1977, 172 с.
- Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. /** Под ред. Н.В. Кондорской, Н.В. Шебалина. М., Наука, 1977, 536 с.
- Плоских В.М.** Киргизский корук Туура-Суу // Археологические памятники Прииссыккулье / Под ред. П.Н. Кожемяко, Д.Ф. Винника. Фрунзе, Илим, 1975, с. 145—159.
- Солоненко В.П., Хромовских В.С.** Палеосейсмологические и сеймотектонические основы сейсмического районирования Большого Кавказа // Сеймотектоника южных районов СССР. М., Наука, 1978, с. 48—63.
- Трифонов В.Г., Артюшков Е.В., Додонов А.Е., Бачманов Д.М., Миколайчук А.В., Вишняков Ф.А.** Плиоцен-четвертичное горообразование в Центральном Тянь-Шане // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (2), с. 128—145.
- Чедия О.К.** Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. Фрунзе, Илим, 1986, 316 с.
- Шульц С.С.** Новейшая тектоника и рельеф Тянь-Шаня. М., Л., Географгиз, 1948, 222 с.
- Юдахин К.К.** Киргизско-русский словарь. М., Советская энциклопедия, 1965, кн. 1, 503 с.
- 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.
- 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.

Burgette R.J. Uplift in response to tectonic convergence: The Kyrgyz Tien Shan and Cascadia subduction zone. Ph. D. Thesis. University of Oregon, USA, 2008, 242 p.

Buslov M.M., Klerkx J., Abdrakhmatov K., Delvaux D., Batalev V.Yu., Kuchai O.A., Dehandschutter B., Muraliev A. Recent strike-slip deformation of the northern Tien Shan // Intraplate strike-slip deformation belts / Eds. F. Storti, R.E. Holdsworth, F. Salvini. Geol. Soc., London, Spec. Publ., 2003, v. 210, p. 53—64.

De Grave J., Glorie S., Buslov M.M., Stockli D.F., McWilliams M.O., Batalev V.Y., van den Haute P. Thermo-tectonic history of the Issyk Kul basement (Kyrgyz Northern Tien Shan, Central Asia) // Gondwana Res., 2013, v. 23, Iss. 3, p. 998—1020.

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.

Glorie S., De Grave J., Buslov M.M., Elburg M.A., Stockli D.F., Gerdes A., van den Haute P. Multi-method chronometric constraints on the evolution of the Northern Kyrgyz Tien Shan granitoids (Central Asian Orogenic Belt): From emplacement to exhumation // J. Asian Earth Sci., 2010, v. 38, p. 131—146.

Glorie S., De Grave J., Buslov M.M., Zhimulev F.I., Stockli D.F., Batalev V.Y., Izmer A., van den Haute P., Vanhaecke F., Elburg M.A. Tectonic history of the Kyrgyz South Tien Shan (Atbashi-Inylchek) suture zone: The role of inherited structures during deformation-propagation // Tectonics, 2011, v. 30, TC6016.

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

Korjenkov A.M., Michajljow W., Wetzell 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.

Le Pichon X., Fournier M., Jolivet L. Kinematics, topography, shortening and extrusion in the India—Eurasia collision // Tectonics, 1992, v. 11, № 6, p. 1085—1098.

Macaulay E.A., Sobel E.R., Mikolaichuk A., Landgraf A., Kohn B., Stuart F. Thermochronologic insight into Late Cenozoic deformation in the basement-cored Terskey Range, Kyrgyz Tien Shan // Tectonics, 2013, v. 32, Iss. 3, p. 487—500.

Macaulay E.A., Sobel E.R., Mikolaichuk A., Kohn B., Stuart F.M. Cenozoic deformation and exhumation history of the Central Kyrgyz Tien Shan // Tectonics, 2014, v. 33, Iss. 2, p. 135—165.

Molnar P., Tapponnier P. Cenozoic tectonics of Asia: effect of a continental collision // Science, 1975, v. 18, p. 419—426.

Nikonov A.A. Reconstruction of the main parameters of old large earthquakes in Soviet Central Asia using the paleoseismogeological method // Tectonophysics, 1988, v. 147, № 3—4, p. 297—312.

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.

Selander J., Oskin M., Ormukov Ch., Abdrakhmatov K. Inherited strike-slip faults as an origin for basement-cored uplifts: Example of the Kungey and Zailiskey ranges, northern Tian Shan // Tectonics, 2012, v. 31, TC4026.

Wells D.L., Coppersmith K.J. New empirical relationship among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement // Bull. Seismol. Soc. Amer., 1994, v. 84, Iss. 4, p. 974—1002.

*Рекомендована к печати 24 сентября 2015 г.
И.С. Новиковым*

*Поступила в редакцию
15 мая 2015 г.*