

УДК 550.3

Джумабаева А. Б.,  
Байкулов С., Тилек кызы Гулкайыр  
Институт сейсмологии НАН КР,  
г. Бишкек, Кыргызстан

## ПАЛЕОСЕЙСМИЧЕСТЬ ИССЫК-КУЛЬСКОГО РЕГИОНА В ГОЛОЦЕНЕ

**Аннотация.** Статья содержит анализ опубликованных палеосейсмологических и археологических исследований и приведён абсолютный возраст древних и исторических землетрясений с магнитудой  $M \geq 7.0$  ( $I_0 \geq VII$ ) Исык-Кульского региона в голоценовое время. Хронология сильных палеоземлетрясений отражают периоды активизации и затишья сейсмического фона на протяжении 10 тысяч лет.

**Ключевые слова:** палеосейсмология, палеоземлетрясение, метод «тренинга», абсолютный возраст, активный разлом.

## ГОЛОЦЕН УБАГЫНДАГЫ ЫССЫК-КӨЛ АЙМАГЫНЫН ПАЛЕОСЕЙСМИКАЛЫК АБАЛЫ

**Кыскача мазмуну.** Макалада палео жана археосейсмологиялык ыкмалар менен аныкталган байыркы жер титирөөлөрдүн убактысына анализ жүргүзүлөт. Изилдөөнүн негизинде күчтүү палеожертитирөөлөрдүн ( $M \geq 7.0$ ;  $I_0 \geq VII$ ), акыркы 10 миң жыл ичиндеги сейсмикалык активдүүлүктүн кайталануусу Ысык-Көл аймагында байкалат.

**Негизги сөздөр:** палео-жертитирөөлөр, палеосейсмика, «тренинг» ыкмасы, абсолюттук убакыт, кыймылдуу жер жараңкалары.

## PALEOSEISMICITY OF THE ISSYK-KUL REGION IN HOLOCENE

**Abstract.** The paper contains an analysis of published paleoseismological and archaeological studies and gives the absolute age of ancient and historical earthquakes with magnitude  $M \geq 7.0$  ( $I_0 \geq VII$ ) of the Issyk-Kul region in the Holocene time. The chronology of strong earthquakes reflects periods of activation and lull of the seismic background over ten thousand years.

**Keywords:** paleoseismology, paleoearthquake, “trenching” method, absolute age, active fault.

Новые методы палео- и археосейсмологии широко применяется в Исык-Кульском региона для определения абсолютного возраста палеоземлетрясений. Об этом свидетельствует огромное количество научных публикаций в различных, в том числе и в ведущих мировых изданиях [1-14]. Полученные абсолютные датировки произошедших палеоземлетрясений с  $M \geq 7.0$  дают возможность рассмотреть более длительную историю сейсмичности региона и используются для описания сейсмогенных зон при вероятностной оценке сейсмической опасности.

В северной части Исык-Кульской области выделены активные разломы: Западно-Кунгейский с двумя сегментами – Западный (I) длиной 50 км и Восточный (Ia) - до 100 км, генерирующие землетрясения с максимальной магнитудой  $M_w = 7.07-7.44$  и Восточно-Кунгейский (II) длиной 170 км,  $M_w = 7.72$  (рисунок 1) [15].

По протяжённости Западного сегмента в междуречье Кыяматкуркол-Сарыбулак закартирован сейсмоуступ длиной около 2 км и высотой 4.5-5 м, который был вскрыт поперечной траншей. В разрезе траншеи датируется одно палеоземлетрясение с возрастом в интервале 7990-7830 л. н. (кал.) [1, 3].

На основании работ, проведённых группой исследователей под руководством А.М. Корженкова [4] в долине р. Ийри-Талдыбулак (Западный сегмент), были получены данные о двух сейсмических событиях. Первое палеоземлетрясение, разорвавшее высокую пойму долины р. Ийри-Талдыбулак, произошло в конце VII в. н.э. - начале VIII в. н. э.; второе, в результате которого была разорвана поверхность раннеголоценовой террасы, - в конце IX в. н.э.- начале X вв. н.э. Магнитуда этих палеоземлетрясений оценивается как 7.4. Кроме того, археологическое исследование разрушенной стенки строения Таш-Коро, расположенного на высокой пойме, свидетельствует о катастрофическом событии, имевшем место в VII-X вв. н.э., что дополняет выводы об описанных сейсмических событиях.

Морфологические профилирование террас вместе с опорными абсолютными датировками, проведённые в долине р. Тору-Айгыр – восточная оконечность Западного сегмента (Актекинский разлом), позволили получить возраст палеоземлетрясения, также произошедшего на протяжении VII век н. э. [5].

Археосейсмологические работы на Тору-Айгырском городище привели к заключению о сейсмическом событии, которое произошло в XIV веке н. э. [1].

Таким образом, на Западном сегменте выявлено пять землетрясений в течение последних 8 тыс. лет, магнитуда которых оценивается выше  $M \geq 7.0$ , интенсивность  $I_0 \geq 8.0$  по шкале МСК-64.

Восточный сегмент Западно-Кунгейского активного разлома (рис. 1) протягивается от долины р. Торуайгыр на восток до долины р. Чон-Ак-Суу, ограничивая Центрально-Кунгейскую хребет с юга.

В зоне разлома на участке урочища Чет-Койсуу на позднеплейстоценовой делювиально-пролювиальной поверхности закартирован сейсмогенный уступ, длиной 1.6 км и высотой около 4 - 6 м, через который была заложена сейсмологическая траншея. В стенках траншеи обнаружен и задокументирован разрыв с подвижкой в 1.6 м, вышедший на поверхность. По данным исследователей [1] он деформировал тюрско-караханидский курган – VII-XIII вв. н.э., расположенный во фронте сейсмогенного уступа.

Археосейсмологические исследования мегалитического памятника (каменного круга) в урочище Чет-Койсуу и подводных построек в озере Иссык-Куль у села Курское, а также опускание Змеиного полуострова в данный бассейн приводит к предположению о проявлении двух сильных землетрясений, произошедших не ранее, чем VII в. до н.э. и в конце XV - начале XVI вв. н.э., магнитудой  $M_s \geq 7.0$  и интенсивностью колебаний  $I_0 \geq 9$  баллов [1].

Восточно-Кунгейский разлом, протяжённостью около 170 км, расположен у южного подножия Восточно-Кунгейского хребта. Западная его часть была сильно активизирована при Кебинском землетрясении (1911г.,  $M_s = 8.2$ ,  $I_0 = X-XI$ ), образуя большое количество первичных и вторичных сейсмодислокаций [6 - 9].

С целью определения возраста и периода повторяемости сильных землетрясений в данном разломе (долина р. Чон-Аксу) проводились палеосейсмологические исследования с проходкой траншей. По данным [1, 9] указывается, что вдоль этой части разлома в позднем плейстоцене – голоцене фиксируются периоды длительного сейсмического затишья, разделённые произошедшими сильными землетрясениями или их кластерами на рубежах 19500-20000, 12700, 4000-3000 лет назад, моложе 850 лет (включая Кеминское 1911 г.).

Археологические исследования древних памятников (городище Курменты, катакомбы Заячьего полуострова и Каменная средневековая крепость), расположенные в центральной части зоны разлома, выявили исторические землетрясения, произошедшие в начале VII в. н.э. и первой половины XII века с интенсивностью не менее  $I_0=8$  баллов и выше по шкале МСК-64 [1, 10, 11].

К восточной части Восточно-Кунгейского разлома приурочено четыре эпицентра современных землетрясений магнитудой от 4.9 до 7.4 [16].

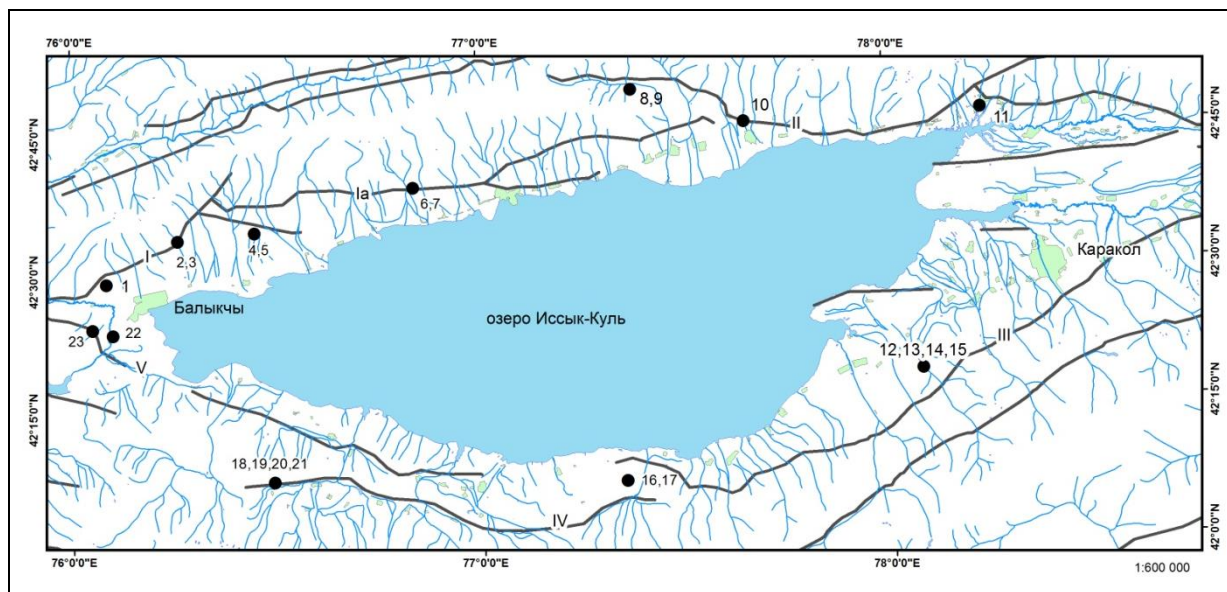


Рисунок 1. Сейсмогенерирующие разломы и их сегменты Исык-Кульской впадины и его горного обрамления по данным 2019 г. I-Западно-Кунгейский (Западный сегмент), Ia -Западно-Кунгейский (Восточный сегмент), II-Восточно-Кунгейский, III-Северо-Терскойский, IV-Тегерек-Коконадырский, V-Кызылломпульский. Чёрные точки указывает места палео- и археосейсмологических исследований с номерами палеоземлетрясений, приведёнными в таблице 1 по данным [1-15].

Южная часть Исык-Кульской впадины ограничивается с востока на запад - Северо-Терскойским, Тегерек-Коконадырским, Кызылчокуйским, Кызылломпульским активными сейсмогенерирующими разломами (рисунок 1) [15].

По Северо-Терскойскому разлому в долине р. Чон-Кызылсуу был выявлен большой оползень, сошедший во время четырёх голоценовых землетрясений: около 3990 лет назад, около 3080 лет назад, приблизительно 2760 лет назад и около 2190 лет назад. Сейсмическая интенсивность событий была не менее  $I = 7$  баллов по шкале МСК-64 [1].

По Тегерек-Коконадырскому разлому в бассейнах рек Каджи-Саз и Тоссор обнаружены следы двух сейсмических событий. Возраст последнего сейсмического события, приведшего к обновлению скальных оползней (сейсмосрыв), находившихся на левом склоне долины ручья Тегерек (левого притока реки Тоссор), и сейсморва на правом склоне долины сухого руч. Тегерек соответствует периоду IX-XI вв. н.э.

Археосейсмологические исследования Каджи-Сазского и Тоссорского городищ выявили следы двух сейсмических событий. Первое событие произошло около XI в. н.э. Этот возраст сейсмособытий совпадает (в пределах ошибки радиоуглеродного метода) с возрастом последнего сильного землетрясения, произошедшего в долине ручья Тегерек. Второе событие (или их серия), как предполагается, произошло в XVI веке. Магнитуды этих землетрясений были не менее  $M \geq 7.0$ , а сейсмическая интенсивность колебаний составляла  $I_0 \geq 9$  баллов [1, 12, 13].

Палеосейсмологические и археосейсмологические исследования в Алабаш-Конгуроленской впадине также выявили следы древних событий. По данным радиоуглеродного датирования имели место четыре сильных голоценовых

землетрясения, которые произошли во временные интервалы: 1771 – 1785 гг. н.э., 1440–1515 гг. н.э., а также вероятно в 2310 – 745 гг. до н.э. и в 6400 – 5300 гг. до н.э. Судя по параметрам разрывов/сейсмоуступов, их магнитуда была  $M \geq 7.0$ , а сейсмическая интенсивность составила  $I_0 \geq 9$  баллов по шкале MSK-64 [1, 14].

Таблица 1. Список палеоземлетрясений в зоне активных разломов Иссык-Кульского региона в голоцене.

№п/п	Активные разломы	Сегменты	Тип разлома	Месторасположение исследованных участков	№п/п	Возраст палеоземлетрясений	Магнитуда	Ссылки
I	Западно-Кунгейский	Западный	Взброс	долина рек Кыяматкуркол-Сарыбулак	1	7990-7830 л.н.	7.1	[3]
				долина р. Ийри-Талдыбулак	2	VII-VIII вв. н.э.	7.4	[4]
					3	IX-X вв. н.э.		
				долина р. Торуайгыр	4	VII в. н.э.	$\geq 7.0$	[5]
		5			XIV в. н.э.			
		Восточный		долина р. Чет-Койсу	6	ранее чем VII до н.э.	$\geq 7.0$ ( $I_0=I$ X)	[1]
					7	XV-XVI вв.н.э.		
II	Восточно-Кунгейский		Взброс	долина р. Чон-Аксуу	8	4000-3000 л.н.		[1,9]
					9	моложе 850 лет		
				Каменская средневековая крепость	10	первой половине XII в. н.э.	7.4 ( $I_0=I$ X-X)	[10]
					Городища Курменты	11	VII в. н.э.	( $I_0=V$ III)
III	Северо-Терский		Взброс	долина р. Чон-Кызылсуу	12	~3990 л. н	(I <sub>0</sub> =V II)	[1]
					13	~3080 л.н.		
					14	~2760 л.н.		
					15	~2190 л.н.		
IV	Тегерек-Коконадырский		Взброс	Каджи-Саз - Тоссорский участок	16	IX-XI вв. н.э.	$\geq 7.0$ ( $I_0=I$ X)	[12, 13]
				городищ Каджи-Саз и Тосор	17	~XVI в.н.э.		
				Алабаш-Конуролёнская впадина	18	~6400-5300 гг. до нашей эры	6,5- 6,9	[14, 15]
					19	~2310-745 гг. до нашей эры		
					20	1440-1515 гг. нашей эры		
21	1771-1785 гг.	$\geq 7.0$						

V	Кызылом-пульский	Взброс	г. Кызыл-Омпул	нашей эры		6.6-6.8	[3]
				22	1501-1600 гг.н.э.		
			Городища Сары -Булуи	24	XII в .н.э.	(Io=VIII)	

По Кызыломпульскому разлому (северо-восточную часть поднятие Кызыл-Омпул) Деев и др., 2018 [3], закартировали сейсмоуступ длиной около 10 км. Проходка траншеи на уступе показало смещение по падению около 4.5 м, которое совокупно смещению 2-х сейсмособытий: возраст более древнего палеоземлетрясения около 13000 лет назад, второго - около 3000 лет назад.

При археосейсмологических исследованиях на городище Сары-Булуи выявлены ряд деформаций в строениях, которые свидетельствуют об их сейсмогенной природе. Возраст сейсмического события – конец XII в.н.э. – начало XIII в. н.э. Судя по степени разрушений, сила древнего землетрясения была не менее  $I \geq VIII$  баллов по шкале МСК-64 [1, 3].

### Выводы

На основе вышеизложенных данных проведен анализ и составлены таблица (1) абсолютных датировок сейсмособытий, произошедших на протяжении голоценовой эпохи, и пространственно-временная диаграмма (рисунок 2), иллюстрирующая хронологию землетрясений и их распределение по времени.

Полученные данные о палеоземлетрясениях свидетельствуют, что активность разломов в течение последних 10 тыс. лет укладывается в рамках эпизодической модели, согласно которой продолжительный период затишья 1000-3000 лет сменяется периодами сейсмической активизации около 1500 лет, когда происходят сильные землетрясения с магнитудой  $M \geq 7.0$  (рисунок 2).

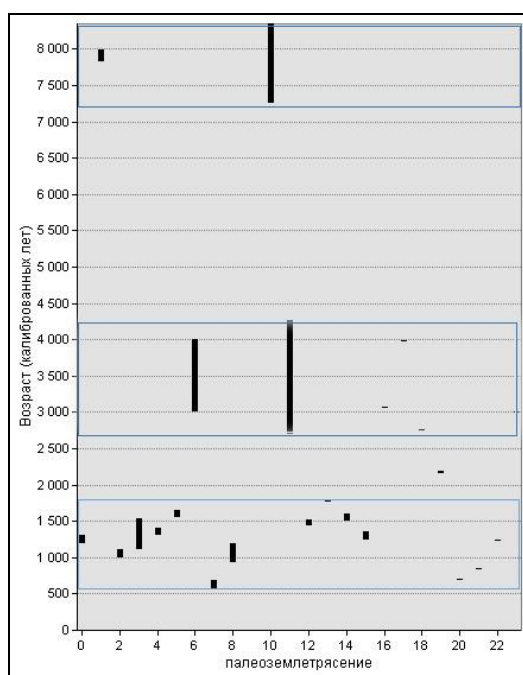


Рисунок 2. Пространственно-временная диаграмма сильных палеоземлетрясений на территории Иссык-Кульского региона за последние 10 тыс. лет назад (по

данным [1-15]). Выделенные 3 горизонтальные области (голубой цвет) отражают предполагаемый период сейсмической активности, продолжительностью около 1500 лет; неокрашенные области - периоды затишья, продолжительностью в 1000 и 3000 лет.

### Литература

1. Сильные исторические и палеоземлетрясения Прииссыккуля и их положение в структуре Северного Тянь-Шаня / А.М. Корженков, С.В. Абдиева, А.Р. Агатова и др.; Под ред А.В. Николаева. - М. ИФЗ РАН, 2018. - 174 с.: ил.
2. Корженков и др. Палеосейсмичность вдоль адырных разломов (на примере Коконадыр-Тегерекского разлома в Юго-Западном Прииссыккуля, Тянь-Шань) // Вулканология и Сейсмология, 2019, №5, С. 36-53.
3. Deev et al., 2018. Large ancient earthquakes in the western Issyk-Kul basin (Kyrgyzstan, northern Tien Shan) // Journal of Asian Earth Sciences 166, 48-65
4. 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.
5. 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.
6. Дельво Д., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., Стром А.Л. Оползни и разрывы Кеминского землетрясения 1991 г. с Ms 8.2 в Киргизии // Геология и геофизика. - 2001- Т. 42. – № 10. - С. 1667-1677.
7. Deev E.V. and Korzhenkov A.M. 2016. Paleoseismological studies in the epicentral area of the 1911 Kemin earthquake (northern Tien Shan) // Russian Geology and Geophysics, vol. 57, p. 207-226.
8. Arrowsmith J.R., Crosby C.J., Korjenkov A.M., Mamyrov E., and Povolotskaya I.E. Surface rupture of 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Eos Trans. AGU, 2005, 86 (52), Fall Meet. Suppl., Abstract T51F-05.
9. 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.
10. Корженков А.М., Мамыров Э., Поволоцкая И.Э., Табалдиев К., Эрроусмит Р. Сейсмический генезис разрушений Каменской средневековой крепости, Северное Прииссыккулье // Изв. вузов. - 2004. –№ 6. - С. 32-36.
11. Корженков А.М., В.А. Кольченко, Д.В. Лужанский, Е.А. Рогожин, М. Казмер, Й.В. Мажейка, Е.В. Деев, А.Б. Фортуна, Д. Шен, А.С. Юдахин, С.В. Абдиева, С.Н. Родина. Археосейсмологическое исследование Курментинского средневекового городища (Северо-Восточное Прииссыккулье, Кыргызстан). // Вопросы и инженерной сейсмологии. - 2015, т. 42. – № 1. – С. 70-81.
12. 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.
13. Корженков А.М. В.А. Кольченко, Д.В. Лужанский, С.В. Абдиева, Е.В. Деев, Й.В. Мажейка, Е.А. Рогожин, С.Н. Родина, М.В. Родкин, А.Б. Фортуна, Т.А. Чаримов, А.С. Юдахин. Археосейсмологические исследования и структурная позиция средневековых землетрясений на юге Иссык-Кульской впадины (Тянь-Шань) // Физика Земли, 2016, № 2, с. 71-86.

14. Корженков А. М., Абдиева С. В., Гладков А. С., Деев Е. В., Люб, Ц. Й., Мажейка В., Рогожин Е. А., Родкин М. В., Сорокин А. А., Турова И. В., Фортуна А.Б. Палеосейсмичность вдоль адырных разлома (на примере Коконадыр-Тегерекского разлома в юго-западном Прииссыккулье, Тянь-Шань). // Вулканология и сейсмология, 2019, №5, с. 36-53.
15. Deev E.V., Turova I.V., Korzhenkov A.M., Luzhansky D.V., Gladkov A.S., Rodkin M.V., Abdieva S.V., Mažeika J.V., Rogozhin E.A., Fortuna A.B., Muraliev A.M., Charimov T.A., Yudakhin A.S., 2016. Paleoseismological and archaeoseismological data from the western Alabash-Konurolen intramontane basin (southern Lake Issyk-Kul area, Kyrgyzstan). Russ. Geol. Geophys. 57, 1090–1098.
16. Абдрахматов К.Е., Бегалиев У.Т, Омуралиев М., Омуралиева А. Сейсмическая опасность населённых пунктов и стратегических сооружений Кыргызской Республики. -Б.: ОСОО «Триада Принт», 2019., -98с.
17. Каталог землетрясений с энергетическим классом  $K \geq 6.0$  Центра Данных Института сейсмологии НАН КР с исторических времен по 2019 год.

*Рецензент: д-р г.-мин. наук, профессор К. Е. Абдрахматов*