

УДК 550.348

ДЖУРАЕВ Р.У.¹, ГРЕБЕННИКОВА В.В.²¹Институт геологии, сейсмостойкого строительства
и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан,²Институт сейсмологии НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 3-6 МАЯ 2017 ГОДА В ПРИГРАНИЧНЫХ РАЙОНАХ ТАДЖИКИСТАНА И КЫРГЫЗСТАНА

Анотация. Представлены результаты полевого обследования эффектов проявления и последствия землетрясений 3-6 мая 2017 г. Составлена карта изосейст, определены макросейсмические параметры и приуроченность землетрясения к геологическим структурам района. Проведён осмотр и анализ повреждений зданий и сооружений и выявлены основные их причины.

Ключевые слова: землетрясение, афтершок, эпицентр, макросейсмические параметры, последствия землетрясений, изосейсты.

ТАЖИКСТАНДЫН ЖАНА КЫРГЫЗСТАНДЫН ЧЕКАРАЛАШ РАЙОНДОРУНДА 2017-ЖЫЛДЫН 3-6-МАЙЫНДАГЫ ЖЕР ТИТИРӨӨНҮН МАКРОСЕЙСМИКАЛЫК КӨРҮНҮШҮ

Кыскача мазмуну. 2017-ж. 3-6-майындагы жер титирөөлөрдүн көрүнүшүнүн жана кесепеттеринин натыйжаларынын талаа изилдөөсүнүн жыйынтыктары келтирилген. Изосейсттер картасы түзүлгөн, макросейсмикалык параметрлер жана жер титирөөнүн райондун геологиялык түзүлүштөрүнө ыңгайланышуусу аныкталган. Имараттарды жана курулмаларды карап чыгууга жана талкаланууларга талдоо жүргүзүлгөн, алардын негизги себептери аныкталган.

Негизги сөздөр: жер титирөө, афтершок, эпиборбор, макросейсмикалык параметрлер, жер титирөөлөрдүн кесепеттери, изосейсттер.

MACROSEISMIC CONSEQUENCES OF THE EARTHQUAKE OF 3-6 MAY, 2017 IN THE BORDER AREAS OF TAJIKISTAN AND KYRGYZSTAN

Abstract. The results of the field investigation of consequences of the earthquakes May 3-6, 2017 are presented. The isoseism map is created, the earthquake macroseismic parameters and its relation to the geological structures of the area are determined. The analysis of damages of buildings and constructions was conducted.

Keywords: earthquake, aftershock, epicenter, macroseismic parameters, earthquake consequences, isoseism.

С 3 по 6 мая 2017 года на территории Ляхшского района Таджикистана произошли 15 сильных подземных толчков с магнитудой от 3.9 до 5.7, которые ощущались в ближайших селениях с интенсивностью от 3-4 до 6 баллов. Наиболее сильное из них 7-балльное Карамыкское землетрясение с $M=5.7$ произошло 3 мая в 09 ч 47 м 11.7 с местного времени (в 04 ч 47 м по Гринвичу) в районе кыргызско-таджикской границы (рисунок 1).

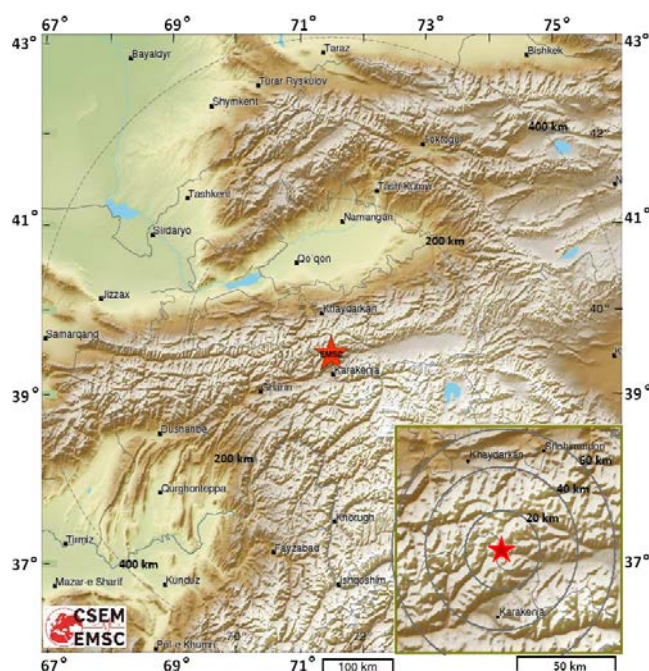


Рисунок 1. Карта локации эпицентра Карамыкского землетрясения 3 мая 2017 г. по данным Европейского средиземноморского сейсмологического центра (EMSC).

Основные параметры главного толчка по материалам различных агентств представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные параметры Карамыкского землетрясения 3 мая 2017 г. по данным разных агентств

Источник/ к-во станций	t_0 , ч; мин; с (Гринвич)	Координаты			Магнитуда				Энергет. класс (Кр)	I ₀ расч.
		φ° , N	λ° , E	h , км	M_{pv}	M_s	m_b	$M_{расч.}$		
ГС АН РТ/ -	04:47:11.7	39.45	71.47	10				5.7	14.2	6-7
ИС НАН КР/25	04:47:11.7	39.45	71.43	23	6.5				14.5	6-7
ГУ «СОМЭ КН МОН РК» /-	04:47:11.7	39.49	71.49	5	6.3				14.3	
ИОЦ ГС РАН /51	04:47:10	39.44	71.48	10		6.0	6.1		-	8.5

Источник: ГС АН РТ - Геофизическая служба АН Республики Таджикистан; ИС НАН КР - Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики; ГУ «СОМЭ КН МОН РК» - Государственное учреждение «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Комитета науки Министерства науки и образования Республики Казахстан»; ИОЦ ГС РАН - Информационно-обрабатывающий центр Геофизической службы Российской Академии наук

Из таблицы 1 видно, что разброс решений по широте равен 0.05° ($\varphi=39.49^\circ-39.44^\circ\text{N}$), по долготе – 0.06° ($\lambda=71.49^\circ-71.43^\circ$), по глубине – 18 км ($23.0-5.0\text{ км}$).

Последовательность процесса возникновения Карамыкского землетрясения состояла из форшока с $M=4.8$, произошедшего 3 мая за 18 секунд до главного толчка.

Затем последовали многочисленные афтершоки, процесс активизации которых с 03.05.2017 г. по 31.10. 2017 г. в очаговой области землетрясения не завершился (рисунок 2). Наиболее сильные афтершоки произошли: 3 мая – 2 подземных толчка с $M=4.5$ и $M=5.1$, 4 мая – 3 с $M=3.4$, 4.7 и 4.3, 5 мая – 6 событий с M от 3.8 до 5.6 и 6 мая – 2 толчка с $M=3.4$ и 4.6. В таблице 2 представлены параметры этих сейсмических событий, определённые Геофизической службой АН Республики Таджикистан (ГС АН РТ) и Геофизической службой РАН, Обнинск (ГС РАН).

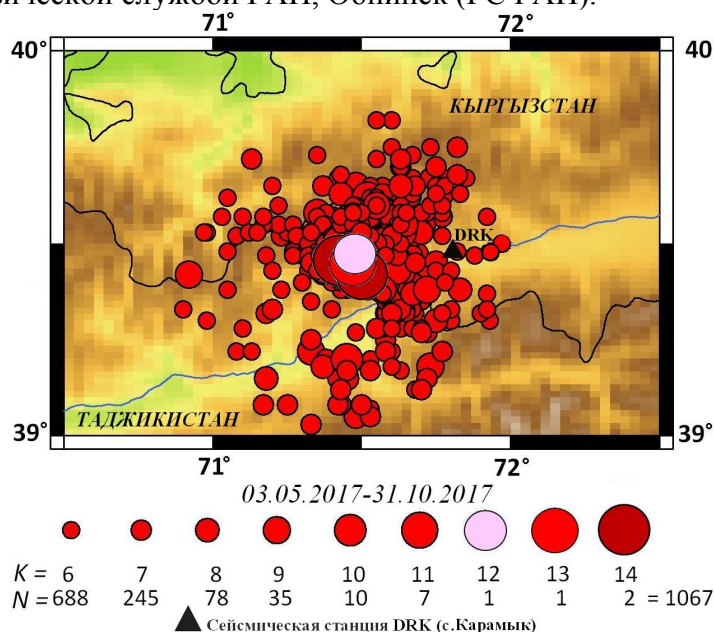


Рисунок 2. Эпицентр Карамыкыргызского землетрясения 03.05.2017 г. $K=14.5$ и его афтершоки, произошедшие с 03.05. по 31.10.2017 г. (Центр данных ИС НАН КР, 2017 г.).

Таблица 2

Параметры сейсмических событий произошедших
03.05.2017 г. по 06.05. 2017 г. по данным ГС АН РТ и ГС РАН

№ п/п	Дата, д. м. г.	t_0 , ч: мин: с (Гринвич)	Координаты эпицентра		Глубина очага (h), км (фикс.)	Магнитуда, M ГС АН РТ (расчетная) / ГС РАН, Обнинск
			φ° , N	λ° , E		
1	03.05.2017	04:46:55	39.40	71.40	10	4.8 /mb 4.9
2	03.05.2017	04:47:13	39.45	71.40	10	5.7 /Ms 6.0
3	03.05.2017	05:36:30	39.40	71.50	10	4.5 /mb 5.1
4	03.05.2017	20:03:10	39.40	71.40	10	5.1 /mb 5.2
5	04.05.2017	06:52:29	39.40	71.45	10	3.4 /mb 4.4
6	04.05.2017	11:10:03	39.25	71.35	10	4.7 /mb 5.2
7	04.05.2017	18:23:018	39.45	71.40	10	4.3 /mb 4.7
8	05.05.2017	05:09:35	39.40	71.50	10	5.6 /mb 5.8
9	05.05.2017	05:15:12	39.30	71.40	10	4.4 /mb 5.0
10	05.05.2017	05:25:11	39.35	71.45	10	4.4 /mb 4.8
11	05.05.2017	06:38:04	39.30	71.40	10	4.3 /mb 4.8
12	05.05.2017	17:03:14	39.45	71.50	10	3.8 /mb 4.3
13	05.05.2017	22:32:46	39.35	71.40	10	4.1 /mb 4.1
14	06.05.2017	03:35:48	39.40	71.50	10	3.4 /mb 3.9
15	06.05.2017	07:15:18	39.40	71.50	10	4.6 /mb 5.1

На рисунке 3 показано распределение по времени очень слабых землетрясений с $K_p < 3.0$, зарегистрированных с 1 марта по 28 августа 2017 г. сейсмической станцией «Дараут-Курган» (DRK) ИС НАН КР в 30 км от эпицентра основного толчка. Фоновый ряд до Карамыкского землетрясения не превышал трёх толчков в день. Во время события (3 мая) произошло 203 микротолчков, а 5 мая при афтершоке с $M=5.6$ - 307 (рисунок 3).

В результате полевого макросейсмического обследования были получены данные о проявлении землетрясений в 33 населённых пунктах Таджикистана и 6 – Кыргызстана (таблица 3). Составлена карта изосейст (рисунок 4) Карамыкского подземного толчка с $M=5.7$, произошедшего 3 мая 2017 г. Координаты эпицентра по макросейсмическим данным составили $\varphi = 39.50^{\circ}N$ и $\lambda = 71.40^{\circ}E$. По опросным данным выяснено, что хотя 5 мая повторился подземный толчок с $M=5.6$, всё же первый был несколько сильнее, при котором произошли основные повреждения жилых домов и общественных зданий в ближайших к эпицентру населённых пунктах. Естественно, последующие подземные толчки усугубили эти повреждения, что было учтено при определении интенсивности сотрясений в обследованных селениях.



Рисунок 3. Количество микротолчков, зарегистрированных сейсмостанцией ИС НАН КР «Дараут-Курган» (DRK) с 1 марта по 28 августа 2017 г.

Таблица 3

Макросейсмические данные Карамыкского землетрясения $M=5.7$, произошедшего 3 мая 2017 г. в 04ч 47м (по Гринвичу)

№ пп	Пункты, баллы	Δ , км	φ°, N	λ°, E	№ пп	Пункты, баллы	Δ , км	φ°, N	λ°, E
	6 баллов				20	Кушай	33.0	39.24	71.22
1	Дувана	21.5	39,35	71,56	21	Джиргаталь	36.0	39.21	71.18
2	Ачикалма	24.0	39,37	71,63	22	Джилонды	37.0	39.16	71.34
3	Килчуджой	25.0	39,42	71,68	23	Мук	42.0	39.14	71.60
4	Карамык	26.0	39,42	71,71	24	Шибээ (Кыргызстан)	43.0	39.46	71.91
5	Саргой	27.0	39,40	71,69	25	Джекенды (Кыргызстан)	45.5	39.50	71.93
6	Кара-Теит (Кыргызстан)	30.0	39,49	71,75	26	Сайрон	54.0	39.15	70.93
	5-6 баллов				27	Хаит	57.0	39.17	70.88
7	Оксой	20.5	39,33	71,52		4-5 баллов			
8	Карасой	22.0	39,31	71,43	28	Хайдаркен (Кыргызстан)	49.5	39.95	71.33
9	Кашат	22.0	39,31	71,46	29	Таджикабад	64.0	39.11	70.85
10	Карамык	33.0	39,49	71,79	30	Дараут Курган	69.0	39.55	72.20

	(Кыргызстан)					(Кыргызстан)			
	5 баллов				31	Ворух	81.0	39.85	70.57
11	Мукур	23.0	39.32	71.57	32	Гарм	103.0	39.02	70.37
12	Чонкиргиз	24.5	39.31	71.26	33	Камароу	110.0	39.13	70.20
13	Джаилган	25.0	39.30	71.53		4 балла			
14	Гулама	25.5	39.34	71.62	34	Сангвор	83.0	38.77	71.21
15	Окджар	26.0	39.31	71.21	35	Чорку	88.0	39.97	70.56
16	Домрачи	26.0	39.26	71.37	36	Газорчашма	106.0	38.99	70.48
17	Ярмазор	28.0	39.28	71.23	37	Тавильдара	120.0	38.69	70.49
18	Карашура	29.0	39.26	71.52	38	Навабад	121.0	39.00	70.15
19	Каракенджа	31.0	39.23	71.51	39	Лабиджар	134	38.86	70.11

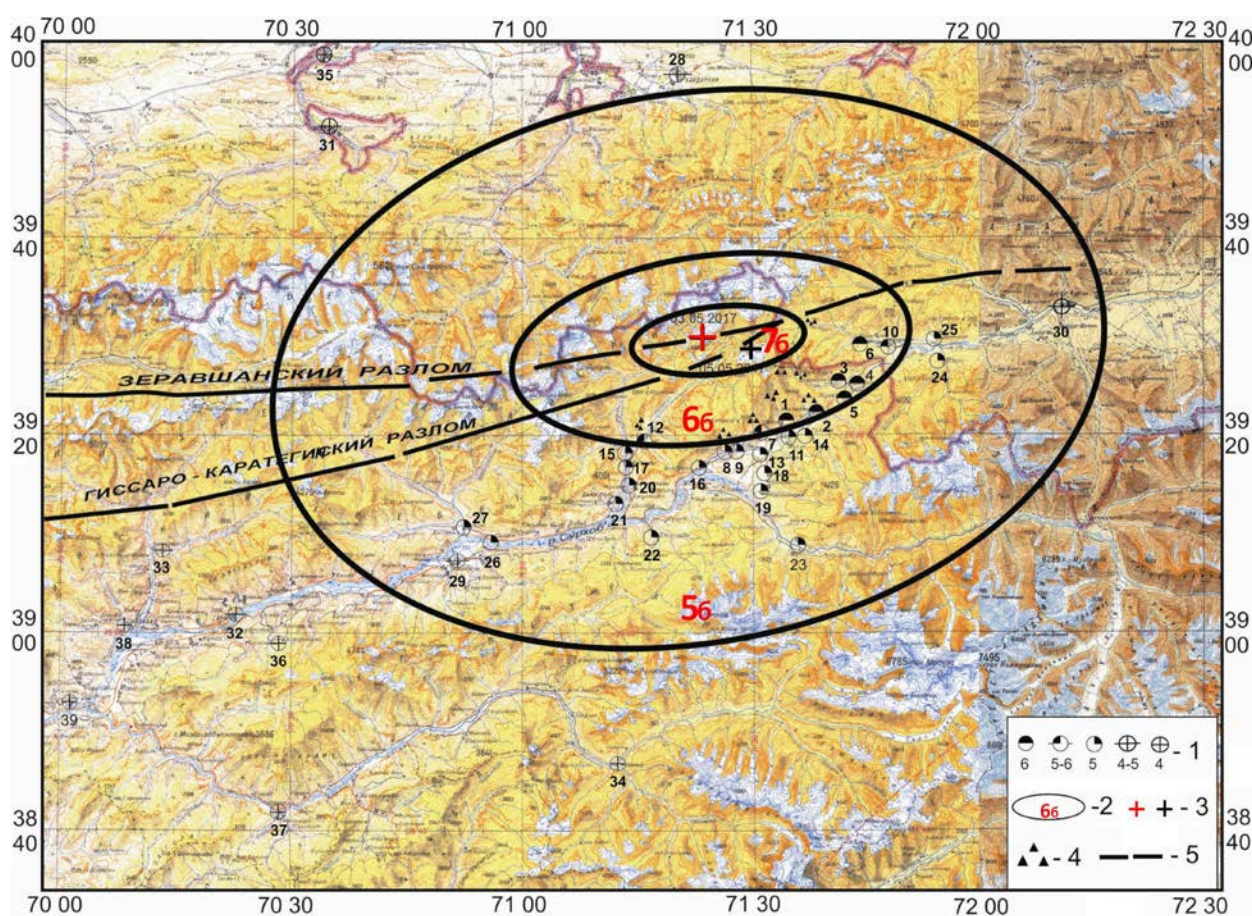


Рисунок 4. Карта изосейст Карамыкского землетрясения 3 мая 2017 года (составил Джураев Р.У.): 1-баллы; 2-изосейсты балльности; 3-эпицентры: Карамыкского землетрясения $M=5.7$ (красным шрифтом) и афтершока 5 мая 2017 г. $M=5.6$ по инструментальным данным; 4-камнепады и обвалы; 5-трещины в грунте.

В результате Карамыкского землетрясения наиболее сильно пострадали селения Килчуджой, Карамык, Саргой, Ачикалма и Дувана, расположенные в северо-восточной части Ляхского района Таджикистана вблизи государственной границы с Кыргызстаном (фото 1-10). В этих селениях интенсивность сотрясений достигала **6 баллов** (согласно международной шкале балльности MSK-64) [1]. Следует отметить, что в данном районе большинство жилых домов и общественных зданий имеют глинобитное строение типа «покса» и из кирпича сырца. В основном эти строения построены без фундамента и соблюдения элементарных норм сейсмостойкого строительства.



Фото 1-2. Кишлак (Таджикистан): повреждения глинобитных домов.



Фото 3-4. Кишлак Карамык (Таджикистан): сквозные трещины на стенах и углах жилого дома.



Фото 5-6. Кишлак Саргой (Таджикистан): обрушение части стены и сквозные трещины в стенах жилых домов.



Фото 7-8. Кишлак Ачкалма (Таджикистан): обрушение части стены и сквозные

трещины в стенах жилых домов.



Фото 9-10. Кишлак Дувана (Таджикистан): сквозные трещины на стенах глинобитных домов.

В результате землетрясения во многих жилых глинобитных домах образовались сквозные трещины на стенах, преимущественно в угловых сопряжениях стен, падение больших кусков штукатурки, значительно расширились старые трещины. В отдельных домах этого типа (преимущественно старой постройки) по сквозным трещинам произошло смещение несущих стен в верхней части, обрушение частей стен и углов. Надо отметить, что в относительно новых домах, построенных на хорошем фундаменте, повреждения представлены меньше: в виде тонких трещин на стенах и в угловых сопряжениях стен, с падением небольших кусков штукатурки.

Селения Карамык и Килчуджой находящиеся на расстоянии 25-26 км восточнее эпицентра землетрясения, расположены на относительно ровной и слабохолмистой поверхности широкой ложбины левого борта долины р. Кичи-Карамык. Территория ложбины сложена пролювиально-делювиальными отложениями, представленными суглинками с содержанием обломочного материала мощностью более 5-10 м. В верховьях долины р. Кичи-Карамык на крутых склонах, представленных коренными породами, произошли небольшие обвалы. По свидетельству очевидцев на берегах небольшого горного озера, находящегося в 12-13 км восточнее села Килчуджой, образовались трещины протяжённостью более 100 м.

Село Саргой стоит на слабонаклонной ($3-5^0$) и слабохолмистой поверхности правого борта долины р. Кызылсу, на расстоянии 27 км восточнее эпицентра. Поверхность сложена делювиальными и пролювиальными отложениями. На этой территории уровень грунтовых вод находится близко к поверхности, что могло повлиять на интенсивность сотрясений. В северо-восточной части села на склоне холма, сложенного сильно увлажнёнными после таяния снежников суглинками, в результате землетрясения произошел небольшой оползень (оплывина). Незначительные оползни произошли также на крутом склоне глубокого сая в западной части селения.

Селения Ачикалма и Дувана, где интенсивность сотрясений достигала 6 баллов, расположены на расстоянии 21.5 км, и, соответственно, 24 км юго-восточнее эпицентра землетрясения, на относительно ровной аллювиальной поверхности левого борта долины р. Кызылсу. Во время землетрясения на склонах гор к северу от селений произошли обвалы. Многочисленные обвалы имеют место и на крутых склонах вдоль автодороги по левому берегу р. Кызылсу от села Саргой до села Дувана (рисунок 4).

По свидетельству очевидцев, находящихся на территории селений Кара-Теит и Карамык (Кыргызстан), расположенных в долине р. Ок-Суу, сила подземных толчков в первом достигала **6 баллов** (повреждения аналогичные с Килчуджой - Таджикистан) и во втором **5-6 баллов** (фото 11-16). В верховьях долины на крутых склонах произошли небольшие обвалы.

Фото 11-18. Село Карамык Жекендинского айыльного аймака Чон-Алайского района Ошской области Кыргызстана: последствия Карамыкского землетрясения 03.05.2017 г. М=6.7



Фото 11. Школа.



Фото 12. Больница.



Фото 13.



Фото 14.



Фото 15.



Фото 16.



Фото 17.



Фото 18.

В селениях Оксой, Кашат и Карасой (Таджикистан), расположенных на левом борту долины р. Кызылсу и в 20-22 км южнее эпицентра, интенсивность колебаний достигала **5-6 баллов** (фото 19-21). Степень повреждений жилых домов здесь несколько меньше, чем в 6-балльных населённых пунктах. На склонах гор севернее селений произошли небольшие обвалы и камнепады. В кишлаке Оксой один дом пострадал от камнепада. Значительные повреждения получило старое глинобитное здание школы № 13. Все обследованные сборно-щитовые школы в вышеописанных селениях в результате землетрясения, кроме тонких трещин в штукатурке, повреждений не получили.

Карамыкское землетрясение в пределах вышеотмеченных селений проявилось в виде сильного вертикального подземного толчка, который сопровождался громopodobным подземным гулом. Жители в страхе выбегали из помещений. Внутри домов наблюдались падение лёгкой мебели и предметов с полок. В горах от обвалов и камнепадов поднялась пыль.



Фото 19-20. Кишлак Оксой (Таджикистан): примеры повреждений жилых глинобитных домов.



Фото 21. Обвалы вдоль автодороги Джиргиталь-Карамык (Таджикистан).

В селениях Мукур, Джаилган, Гулама, Карашура, Мук (Таджикистан), расположенных на расстоянии от 23 до 42 км южнее эпицентра землетрясения, на левом борту долины р. Кызылсу и Муксу, селениях Домрачи, Джилонды, Хаит в долине р. Сурхоб, Джиргиталь, селениях Кушай, Ярмазар, Чонкиргиз и Окджар в долине р. Коксу (правый приток р. Сурхоб) на расстояниях от 23 до 57 км от эпицентра в южном и юго-западном направлении интенсивность сотрясений достигала **5 баллов**. В этих населённых пунктах землетрясение проявилось в основном в виде резких горизонтальных колебаний северо-восточного направления. Во многих, преимущественно старых глинобитных домах, образовались тонкие трещины в стенах, с полок и в шкафах падала сложенная друг на друга посуда и неустойчиво стоящие лёгкие предметы. Жители в страхе выбегали из помещений. На горных склонах произошли небольшие камнепады.

4-5 балльные сейсмические колебания ощущались без нанесения повреждений в Таджикабаде, Гарме, Камароу, Ворухе (Таджикистан), Дараут-Курган (Кыргызтан),

которые расположены на расстояниях от эпицентра от 64 до 110 км. Повреждений в зданиях не произошло.

Подземные колебания интенсивностью 4 балла ощущались в населённых пунктах Таджикистана на эпицентральной расстоянии от 83 до 120 км – Сангвор, Газорчашма, Тавильдара (на юге), 88 км – Чорку (на севере) и 121-134 км – Навабад, Лябиджар (на юго-востоке).

Следует отметить, что афтершок с $M=5.6$, произошедший 5 мая 2017 г., проявился в населённых пунктах 6-балльной зоны Карамыкского землетрясения интенсивностью не более 5 баллов. Остальные афтершоки землетрясения 3 мая ощущались в ближайших к эпицентру селения интенсивностью от 3-4 до 4-5 баллов. Эти повторные подземные толчки несколько усугубили полученные повреждения жилых домов, что было учтено при макросейсмической оценке проявления основного подземного толчка.

Майские землетрясения 2017 г. в Ляхшском районе произошли в Гиссаро-Алайской горной области, сложенной в основном палеозойскими отложениями. Эпицентры этих землетрясений приурочены к восточной части Зеравшанского и Гиссаро-Каратегинского краевым разломам. Как видно из рисунка 5, основная часть эпицентров расположена в зоне сближения и причленения этих тектонических нарушений.

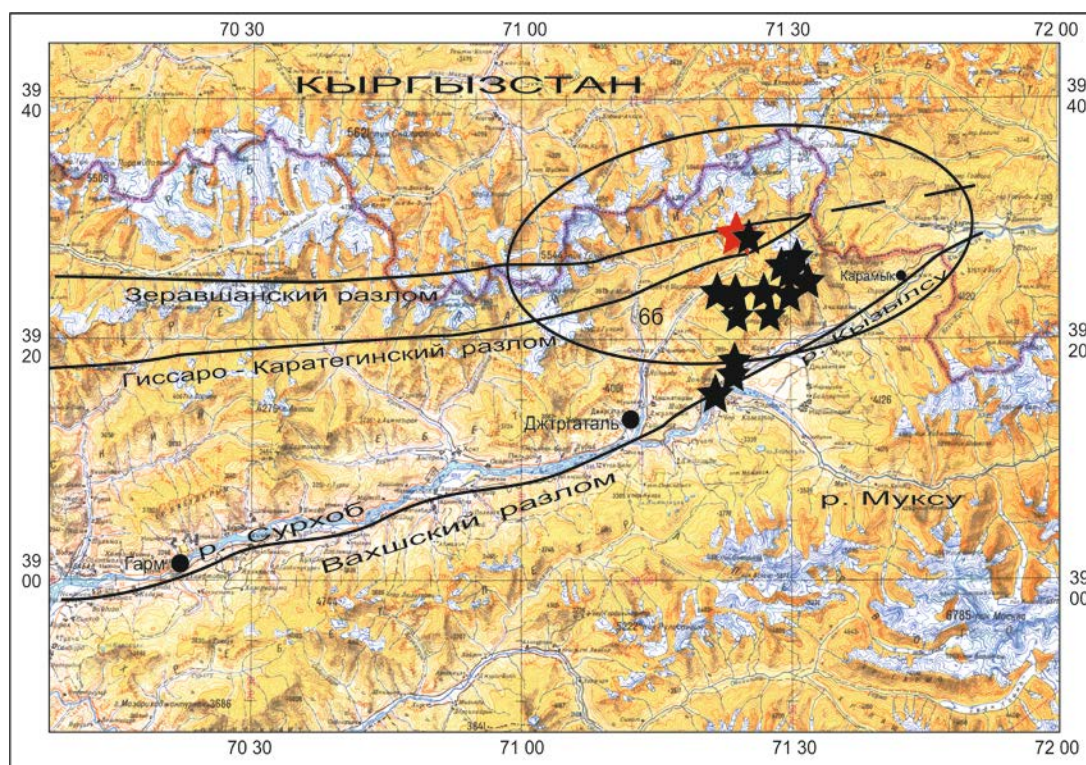


Рисунок 5. Карта эпицентров Карамыкского землетрясения $M=5.7$ и его автершоков с $M=3.4-5.6$, произошедших с 3 по 6 мая 2017 года в Ляхшском районе Таджикистана.

Зеравшанский краевой разлом принадлежит к числу наиболее выраженных дизъюнктивов, протяжённостью в широтном направлении до 500 км от Дараут-Кургана – на востоке до Самарканда на западе. Разлом является крутопадающим ($60-80^\circ$) на юг и на своем протяжении разделяет друг от друга несколько тектонических зон. В южном крыле находятся тектонические зоны: Центральногиссарская, Ягнобская и Барзанги-Шумкарская; в северном крыле располагается Зеравшано-Туркестанская зона [2]. В сейсмическом отношении активными являются в основном краевые части разлома. В его крайне западной части, в районе Самарканда (Ургут), в 1799 г. произошло 8-9 балльное

землетрясение [3], а в восточной – 7 балльное Карамыкское 2017 г. В других частях разлома сильных или разрушительных сейсмических событий не зафиксировано.

Гиссаро-Каратегинский краевой разлом разграничивает Центральнотаджикскую и Ягнобскую тектонические зоны на западе, Гарм-Хаитскую и Барзанги-Шумкарскую (район исследований) на востоке, имеет протяжённость более 300 км и близвертикальное падение поверхности на юг. Своим восточным концом он причленяется к расположенному севернее Зеравшанскому разлому. В зоне его сочленения с Зеравшанским разломом за историческое время на территории Таджикистана очаги сильных землетрясений не зафиксированы.

Согласно схеме сейсмогенных зон Таджикистана [4] район землетрясений 3 мая 2017 г. относится к сейсмогенной зоне Центрального Таджикистана, включающей в себя территорию Гиссаро-Алайской горной области, где возможно возникновение сейсмических событий $M \geq 6.5$, учитывая слабую дифференцированность тектонических перемещений и небольшой уровень сейсмичности.

Изосейсты балльности Карамыкского землетрясения 3 мая 2017 года имеют форму сильно вытянутого в северо-восточном направлении эллипса по простиранию Зеравшанского краевого разлома. Изосейста 6-балльного сотрясения оконтуривает зону сгущения эпицентров афтершоков вокруг очага сейсмических событий 3 и 5 мая ($M=5.7$ и $M=5.6$). Изосейсты 6- и 5-балльного сотрясения в северной части территории, из-за отсутствия населённых пунктов на северных и южных отрогах Алайского хребта проведена условно и повторяют конфигурацию первой изосейсты. При этом было учтено затухание интенсивности в южном и юго-западном направлениях исследуемого района, а так же, имеющиеся макросейсмические данные по населённым пунктам на севере Таджикистана и юге Кыргызстана, где землетрясение 3 мая проявилось интенсивностью от 4 до 6 баллов.

Площадь изосейсты 7 балльного сотрясения, которая охватывает эпицентры Карамыкского землетрясения (3 мая 2017 г.) и его афтершока (5 мая 2017 г.) (рисунок 4) составляет около 315 км^2 (31 км вдоль разлома и 13 км поперек геологических структур). Площадь, на которой ощущались 6-балльные колебания составила около 1850 км^2 , при длине большой оси изосейсты 68 км и малой – 34 км. Площадь, оконтуренная 5-балльными сотрясениями, составляет около 14880 км^2 , при 185 км вдоль геологических структур и 102 км в крест их простирания. Как видно из рисунка 4 затухание интенсивности Карамыкского землетрясения в крест простирания геологических структур происходило почти в 2 раза быстрее, чем вдоль них. Так затухание интенсивности от 7 до 6 баллов (по изосейстам 7 и 6 баллов) вдоль простирания структур и Зеравшанского краевого разлома (в восточном и западном направлениях) происходило на расстоянии 18 км, а в крест простирания (в южном и северном направлениях) на расстоянии около 10-11 км. Затухание в 2 балла происходило в широтном направлении на расстоянии 70 км (от 7 балльной изосейсты), а в меридиональном – на расстоянии 47 км. Такие формы изосейст и характер затухания интенсивности с расстоянием являются характерными для сильных землетрясений Южного Тянь-Шаня, сложенного консолидированными породами, в частности сейсмогенной зоны Гиссаро-Кокшаальского разлома, в пределах которой произошли известные 9-балльные землетрясения: Гармское, 1941 г.; Хаитское, 1949 г.; 8-балльное Джиргатальское, 1984 г. и др. [5-7].

Относительно большая площадь эпицентральной зоны свидетельствует о больших размерах очаговой области землетрясения. Горизонтальная протяжённость очага L_x равна 18.0 км, исходя из формулы:

$$L_x = d_{i\max} - d_{i\min}, \quad [8]$$

где $d_{i\max}$ (31 км) и $d_{i\min}$ (13 км) – наибольший и наименьший диаметры первой изосейсты.

Глубина очага, фиксированная по инструментальным данным как для основного толчка, так и для афтершоков, равна 10 км. По макросейсмическим данным [9]:

по формуле $I_0 = bM - vlgh + c$, при $M = 5.9$ $I_0 = 7.0$, $b = 1.5$, $v = 3.5$ и $c = 3.0$ составляет 19 км.

по изосейстам $I_0 - I_i = v \lg \sqrt{(\Delta^2 + h^2) / h^2}$ — 5-7 км.

Если использовать глубину очага 10 км то по формуле

$$I_0 = bM - vlgh + c$$

при средних значениях коэффициентов затухания, принятых для Средней Азии, то балльность в эпицентре будет равна:

$$I_0 = 1.5 \times 9 - 3.5 \times 1 + 3.0 = 8.35,$$

что на наш взгляд, как показывает практика, на 1.35 балла завышена.

Выводы

1. Анализ макросейсмических данных с учётом геологического строения района показывает, что Карамкское землетрясение 3 мая 2017 г. своим происхождением связано, в основном, с тектоническими подвижками, произошедшими в восточной части Зеравшанского краевого разлома, в зоне его сближения и причленения с Гиссаро-Каратегинским разломом. Возможно, некоторые афтершоки землетрясения были вызваны вследствие перераспределения напряжений по Гиссаро-Каратегинскому разлому.
2. Судя по землетрясению, произошедшего в 1799 г. в крайней западной части Зеравшанского разлома, и землетрясениям, произошедшим 3-6 мая 2017 г., можно судить о его высокой активности и опасности лишь его краевых частей.
3. Основной причиной значительных повреждений глинобитных жилых домов в зоне 6 балльного сотрясения является несоблюдение элементарных норм строительства (низкое качество строительства, отсутствие фундаментов и связывающих стены элементов крепления, использование рельефа местности и т.д.). Для уменьшения риска возможных разрушений при сильных землетрясениях необходимо вести строительство жилых и общественных зданий с соблюдением всех норм с учётом расположения района в сейсмоактивной зоне.

Литература

1. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности - MSK-64. М.:МГК АН СССР, 1965.
2. Кухтиков М.М. Тектоническая зональность и важнейшие закономерности строения и развития Гиссаро-Алая в палеозое. - Душанбе: Дониш, 1968.
3. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука, 1977.
4. Бабаев А.М., Мирзоев К.М. Основные принципы сейсмического районирования Таджикистана // Вопросы сейсмического районирования территории Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1976.
5. Губин И.Е. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана. М., Изд-во АН СССР, 1960.
6. Мирзоев К.М. Джураев Р.У. Основные закономерности затухания балльности землетрясений на территории Таджикистана // Землетрясения Средней Азии И Казахстана в 1983 г. Душанбе: Дониш, 1985.

7. Джураев Р.У. Макросейсмическое проявление сильных землетрясений в районе Рогунской ГЭС. Душанбе: Мир Полиграфии, 2013.
8. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М., Наука, 1974.
9. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968.

Рецензент: канд. физ.-мат. наук Фролова А.Г.