

УДК 550.348 (575.3)

**ТАДЖИКАБАДСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 10 июля 2021 г.
 с $M_s=5.8$, $I_0=7-8$ (Таджикистан)**

Р.У. Джураев

*Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии
 Национальной академии наук Таджикистана, г. Душанбе, Таджикистан, dhuraev52@mail.ru*

Аннотация. Представлены инструментальные и макросейсмические данные 7–8-балльного землетрясения 10 июля 2021 г. с $K_p=14.1$, $M_{S_{MOS}}=5.8$, произошедшего в Таджикибадском районе Таджикистана. Землетрясение сопровождалось большим количеством афтершоков, эпицентры которых расположены в пригребневой части хр. Петра Первого. Собраны сведения о проявлении землетрясения в 43 населенных пунктах, дана оценка повреждениям зданий. Построена карта изосейст от 7 до 4 баллов. Представлены сведения об остаточных деформациях грунтов, вызванных землетрясением, по размерам которых уточняется интенсивность сотрясений I_0 в эпицентре. Рассмотрены сеймотектонические условия очага, приведены данные об исторической сейсмичности района.

Ключевые слова: землетрясение, афтершок, эпицентр, макросейсмические параметры, последствия землетрясения, изосейста, остаточные деформации грунтов.

Для цитирования: Джураев Р.У. Таджикибадское землетрясение 10 июля 2021 г. с $M_s=5.8$, $I_0=7-8$ (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 278–290. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.26> EDN: UECROA

Введение. Северо-восточная часть Таджикской депрессии (Гарм-Таджикабадский район) в зоне ее сближения с геологическими структурами Южного Тянь-Шаня является одним из наиболее сейсмически активных районов Таджикистана. В этом районе каждые 5–10 лет, а иногда и чаще, происходят достаточно сильные землетрясения с интенсивностью в эпицентре от 6 до 7–8 баллов, которые наносят значительный ущерб народному хозяйству региона. Последнее землетрясение с интенсивностью $I_0=7$ баллов ($K_p=13.3$, $M_{S_{ISC}}=5.2$) здесь произошло 4 июля 2020 г. в Таджикибадском районе, в пригребневой части хр. Петра Первого [1], с эпицентром $\varphi=39.0^\circ\text{N}$, $\lambda=70.99^\circ\text{E}$.

Ровно через год здесь повторился подземный толчок еще большей интенсивности, с эпицентром, расположенным в 23 км западнее эпицентра события 4 июля 2020 года. Он возник 10 июля 2021 г. в 02^h15^m по Гринвичу (07^h15^m местного времени) в 168 км восточнее г. Душанбе в Таджикибадском районе с интенсивностью в эпицентре $I_0=7-8$ баллов по шкале MSK-64 [2]. Эпицентр землетрясения с $\varphi=38.94^\circ\text{N}$, $\lambda=70.60^\circ\text{E}$ (табл. 1) по данным Геофизической службы Национальной академии наук Таджикистана [3] (табл. 1) был расположен в гребневой части хр. Петра Первого, в 25 км к юго-западу от районного центра Таджикибада (рис. 1).

Инструментальные данные. В табл. 1 представлены параметры Таджикибадского землетрясения по данным сетей разных сейсмологических центров, а на рис. 1 дано расположение его эпицентра.

Таблица 1. Основные параметры Таджикибадского землетрясения 10 июля 2021 г. в 02^h14^m по данным различных сейсмологических центров

Сейсмологический центр	Время, ч:мин:с	Координаты		h , км	Магнитуда, энергетический класс	Интенсивность в эпицентре I_0^p , балл
		φ°	λ°			
ГС НАНТ	02:14:40	38.94	70.60	13	$K_p=14.1$, $M^p=5.6$	7
	02:14:43	38.96	70.57	10	$M^p=5.8$	8
ИГССС НАНТ	Макросейсм. эпицентр	39.02 _м	70.60 _м			7–8
MOS	02:14:41	38.88	70.64	11	$M_S=5.8$, $M_{PSP}=6.1$	7–8
IRIS	02:14:43	38.95	70.57	16.6	$M_{ww}=5.8$	
ISC	02:14:43	38.91	70.61	14.7	$M_S=5.9/499$, $mb=5.8/738$	7–8
EMSC	02:14:43	38.98	70.70	10	$mb=5.9$	

Примечание. ГС НАНТ – Геофизическая служба Национальной академии наук Таджикистана; ИГССС НАНТ – Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной академии наук Таджикистана, далее – ИГССС; MOS – Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба РАН»; IRIS – Incorporated Research Institutions for Seismology, Data Management Center, Seattle, USA; ISC – International Seismological Centre, Thatcham, United Kingdom; EMSC – Euro-Mediterranean Seismological Centre.

Приведенные в таблице расчетные интенсивности в эпицентре I_0^p рассчитывались по формуле Н. В. Шебалина [4]:

$$I_0 = bM - v \lg h + c \quad (1)$$

с использованием коэффициентов макросейсмического поля для землетрясений Таджикской депрессии [5]: $b=1.44$, $v=3.9$, $c=3.4$. В качестве магнитуды M в уравнении (1) использовалась магнитуда по поверхностным волнам (M_S и M_s для MOS и ISC соответственно), а для ГС НАНТ и ИГССС – расчетная магнитуда по формуле Т. Г. Раутиан [6]:

$$M^p = (K_p - 4) / 1.8. \quad (2)$$

Глубина при расчетах по формуле (1) значений I_0^p (табл. 1) для каждого агентства бралась по определению этого агентства.

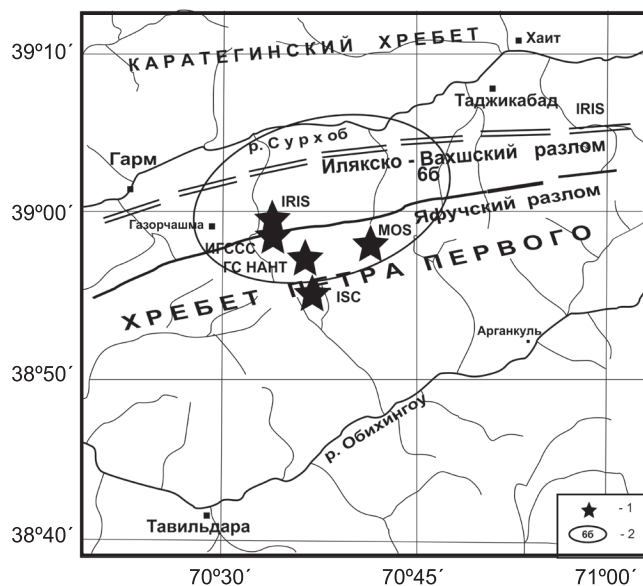


Рис. 1. Эпицентр землетрясения 10 июля 2021 г., определенный по данным разных сейсмологических центров

1 – эпицентр землетрясения; 2 – 6-балльная зона.

На региональном уровне основной подземный толчок 10 июля и последовавшие за ним афтершоки были зарегистрированы локальной сетью из 11 широкополосных цифровых станций ОАО «Рогунская ГЭС» и сейсмическими станциями «Семиганч» и «Джерино» ИГССС, расположение которых представлено на рис. 2 (данные обработаны в ИГССС).

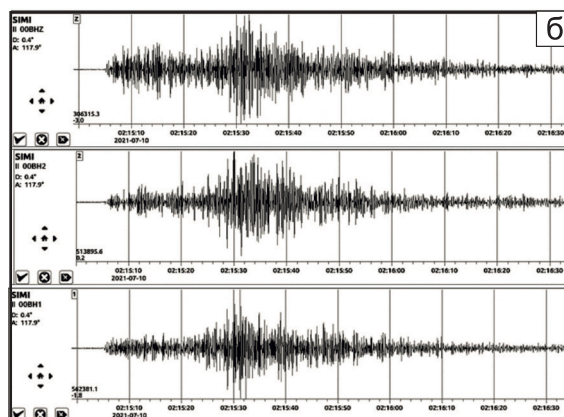
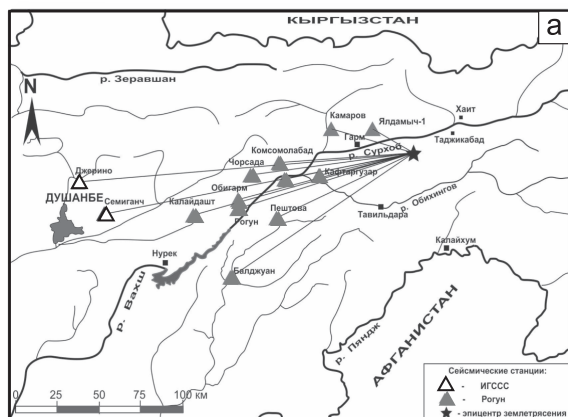


Рис. 2. Сейсмические станции ИГССС и локальной сети ОАО «Рогунская ГЭС», участвовавшие в определении эпицентра землетрясения 10 июля 2021 г. (а), и записи этого землетрясения на с/ст. Семиганч (б)

Координаты эпицентра землетрясения 10 июля 2021 г., определенные по данным разных сейсмологических центров, очень близки и расположены в пригребневой части хр. Петра Первого (табл. 1, рис. 1), но значения глубины очага и магнитуды различаются, следовательно, и оценки расчетного балла в эпицентре разные. Очаг землетрясения по данным EMSC и ИГССС (по годографу Душанбино-Вахшского р-на Таджикистана) расположен на глубине $h=10$ км, что характерно (≤ 10 км) для землетрясений этой зоны.

При подстановке в макросейсмическую формулу (1) Н. В. Шебалина [4] значений $M_{S_{MOS}}=M_{IGCC}^p=5.8$, $h_{IGCC}=10$ км и вышеуказанных коэффициентов макросейсмического поля для землетрясений Таджикской депрессии по А. А. Конькову [5] ($b=1.44$, $\nu=3.9$ и $c=3.4$), интенсивность сотрясений в эпицентре составляет:

$$I_0=1.44 \cdot 5.8 - 3.9 \lg(10) + 3.4 = 8.35 - 3.9 + 3.4 = 7.85 \text{ балла,}$$

что близко как к значениям в столбце расчетной интенсивности I_0^p по данным разных центров в табл. 1, так и к значению, определенному при полевом макросейсмическом обследовании последствий данного сейсмического события.

Афтершоки. За период с 10 июля по 31 декабря 2021 г. было зарегистрировано около 2577 афтершоков с $K_p=5.5-11.3$ [7]. На рис. 3 представлены эпицентры афтершоков с $K_p \geq 8.6$ из [3]. Их эпицентры расположены в пределах координат $38.91^\circ-39.02^\circ\text{N}$ и $70.51^\circ-70.66^\circ\text{E}$.

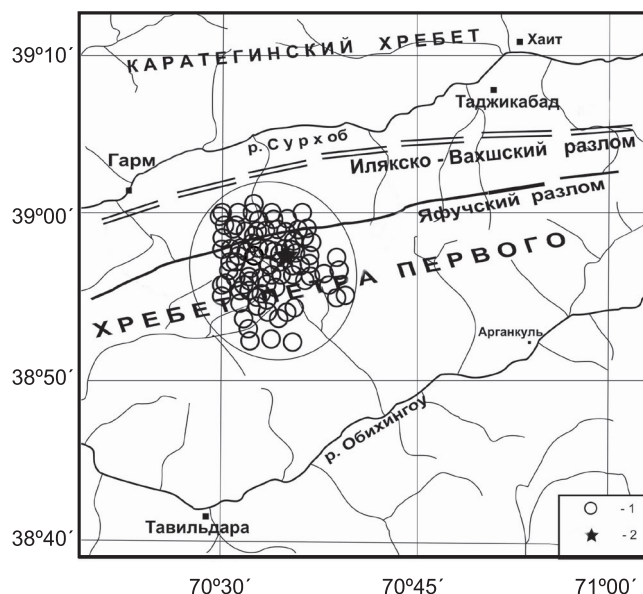


Рис. 3. Карта эпицентров афтершоков с $K_p=8.6-11.4$ Таджикабадского землетрясения 10 июля 2021 г. с $K_p=14.1$, зарегистрированных с 10 июля по 22 декабря 2021 г.

1 – эпицентр афтершока; 2 – эпицентр основного толчка.

Как видно из рис. 3, основная часть эпицентров афтершоков расположена на северном склоне хр. Петра Первого, в зоне прохождения Яфучского разлома, на площади длиной 21 и шириной около 19 км. Глубина их варьирует от 3 до 17 км, но большинство из них расположены в пределах 8–10 км [3]. Облако афтершоков образует близкий к кругу эллипс, несколько вытянутый с северо-запада на юго-восток, что совпадает с направлением падения плоскости разлома.

Основные ощутимые афтершоки с $K_p \geq 10.0$ произошли с 10 июля по 18 августа 2021 г. [3]. В селениях Кули-Калон, Бустон и Саричашма, расположенных ближе к эпицентру землетрясения, они ощущались с интенсивностью от 2–3 до 4 баллов (табл. 2). На значение интенсивности сотрясений в этих селениях, очевидно, повлияла глубина очага и расстояние до эпицентров афтершоков.

Макросейсмические проявления главного толчка 10 июля. В результате полевого макросейсмического обследования были получены данные о проявлении землетрясения в 43 населенных пунктах Таджикабадского, Раштского, Нурабадского и Тавильдаринского районов Таджикистана (табл. 3), по результатам анализа которых составлена карта изосейст данного сейсмического события (рис. 4). Координаты эпицентра по макросейсмическим данным составили $\varphi_m=39.02^\circ\text{N}$ и $\lambda_m=70.60^\circ\text{E}$.

Землетрясение 10 июля 2021 г. в ближайших к эпицентру кишлаках Кули-Калон, Бустон, Сарычашма и Курчин (3.5–4.5 км к северу от эпицентра), расположенных на северном склоне хр. Петра Первого, проявилось с интенсивностью 7 и 6–7 баллов согласно международной макросейсмической шкале MSK-64 [2]. Сильные повреждения получили около 30% жилых помещений в каждом из них. Во многих глинобитных жилых домах этих кишлаков, преимущественно старых, построенных чаще без фундамента, а также постройках из сырцового кирпича, образовались сквозные трещины в стенах, произошло обрушение толстого слоя штукатурки стен, в отдельных из них обрушились стены, кровля, отдельные части стен и детали кровли. Большинство вспомогательных глинобитных построек были полностью разрушены. Под разрушенными домами погибли пять человек.

Таблица 2. Основные параметры ощутимых афтершоков с $K_p \geq 10.0$ Таджикибадского землетрясения 10 июля 2021 г. в $02^h 14^m$ с $K_p=14.1$ по данным ИГССС

2021 г.		Время		Координаты		h , км	K_p	M^p	Интенсивность в баллах в с. Бустон, Куликалон, Саричашма
мес.	число	час.	мин.	φ° , N	λ° , E				
7	10	02	43	38.95	70.52	14	10.5	3.6	3
7	10	03	03	38.94	70.57	8	10.2	3.4	3-4
7	10	05	48	38.98	70.61	7	11.3	4.1	4-5
7	10	06	06	39.01	70.60	6	10.1	3.4	3-4
7	10	06	06	38.93	70.52	10	11.0	3.9	4-5
7	10	14	24	38.90	70.54	10	10.0	3.3	3
7	11	01	00	38.97	70.62	17	10.3	3.5	2-3
7	11	01	20	38.96	70.63	17	10.5	3.6	2-3
7	11	06	49	38.93	70.56	8	10.2	3.4	3-4
7	12	03	20	38.94	70.60	15	10.2	3.4	2-3
7	12	07	14	38.94	70.63	9	10.4	3.6	3-4
7	13	02	08	38.95	70.62	14	10.4	3.6	3
7	16	19	56	38.90	70.65	7	10.4	3.6	3-4
7	24	19	36	38.90	70.57	14	10.5	3.6	3
8	7	20	03	38.98	70.56	13	10.8	3.8	3-4
8	18	08	52	38.90	70.50	6	10.0	3.3	3

Таблица 3. Макросейсмические данные о проявлении Таджикибадского землетрясения 10 июля 2021 г. с $K_p=14.1$

№	Пункт	Δ^* , км	φ° , N	λ° , E	№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E
7 баллов					5 баллов				
1	Бустон	1.1	39.03	70.60	23	Гарм	19.9	39.03	70.37
2	Кули Калон	1.4	39.03	70.59	24	Себистон	20.1	39.05	70.83
6-7 баллов					25	Таджикабад	23.8	39.11	70.85
3	Саричашма	2.4	39.04	70.61	26	Кадара	27.2	38.98	70.29
4	Курчин	4.3	39.02	70.55	27	Нушор	29.0	39.12	70.91
6 баллов					28	Хаит	30.0	39.18	70.88
5	Шомар	2.8	39.03	70.57	29	Сайрон	31.9	39.15	70.93
6	Дараимазор	6.2	39.05	70.66	4-5 баллов				
7	Уштурпаст	4.5	39.01	70.55	30	Арганкуль	30.8	38.87	70.90
8	Ярхоби Чукурак	5.3	39.01	70.54	31	Чильдара	37.2	38.78	70.30
9	Лангаришо	6.8	39.06	70.66	32	Дарбанд	43.6	38.90	70.12
10	Куглик	8.5	39.05	70.69	33	Хуфак	39.1	38.94	70.16
11	Кизило	8.6	39.02	70.50	4 балла				
12	Газорчашма	10.9	38.99	70.48	34	Тавильдара	36.6	38.69	70.48
13	Яхакпаст	10.4	39.02	70.48	35	Богистан (Кишинбог)	38.9	39.13	70.20
5-6 баллов					36	Навабад	38.1	39.01	70.15
14	Хичборак	7.6	39.07	70.54	37	Кафгаргузар	43.8	38.84	70.15
15	Джафр	7.8	39.09	70.59	38	Лябиджар	46.8	38.86	70.10
16	Ярхоби Калон	9.3	39.05	70.50	39	Вахдат (Джиргаталь)	54.3	39.21	71.18
17	Нимич	10.8	39.10	70.67	40	Сангвор	59.7	38.77	71.21
18	Кулисорю	13.0	39.01	70.45	41	Комсомолабад	58.1	38.86	69.96
19	Шархо	13.9	39.01	70.44	3 балла				
20	Ялдамич	13.7	39.06	70.45	42	Палдорак	71.0	39.41	69.96
21	Аскалон	14.7	39.03	70.43	43	Думбрасозон (Домбрачи)	72.8	39.27	71.38
22	Чакихоита	17.8	38.98	70.40					

Примечание. *Все расстояния пересчитаны от макросейсмического эпицентра с $\varphi_m=39.02^\circ N$ и $\lambda_m=70.60^\circ E$.

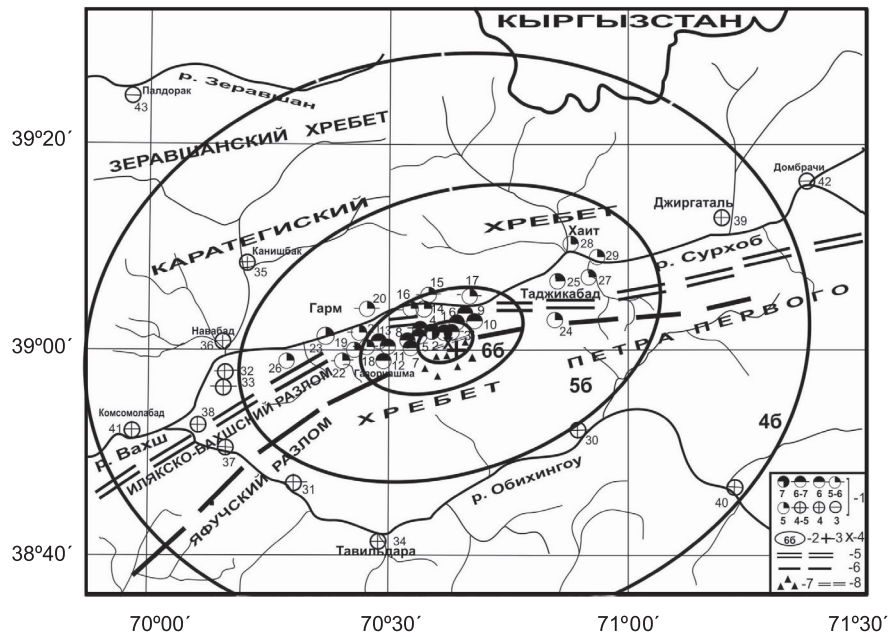


Рис. 4. Карта изосейст Таджикабадского землетрясения 10 июля 2021 г. с $K_p=14.1$, $M_{S_{MOS}}=5.8$

1 – баллы; 2 – изосейста балльности; 3 – эпицентр по инструментальным данным ГС НАНТ [3]; 4 – макросейсмический эпицентр; 5 – Илякско-Вахшский глубинный разлом; 6 – Яфучский разлом; 7 – обвалы и камнепады; 8 – трещины в грунте.

Примеры разрушений и сильных повреждений жилых и общественных зданий в некоторых селениях в 7 и 6–7-балльных зонах землетрясения представлены на рис. 5–7.



Рис. 5. Наиболее сильно поврежденные жилые дома в кишлаке Кули-Калон



Рис. 6. Повреждения жилых домов и здания местной школы в кишлаке Бустон



Рис. 7. Повреждения жилых домов в кишлаке Саричашма

В зоне 6-балльного сотрясения (табл. 2, рис. 5) во многих жилых домах и общественных зданиях из кирпича-сырца и глинобитной постройки образовались многочисленные трещины в стенах, с обрушением больших кусков штукатурки. В некоторых из них, главным образом в более старых постройках (около 10%), образовались сквозные трещины в стенах, произошло обрушение небольших частей стен.

В кишлаках, где интенсивность сотрясений достигала 5 баллов, в стенах глинобитных домов появились тонкие трещины, а старые трещины значительно увеличились в размерах.

Изосейсты Таджикабадского землетрясения 10 июля 2021 г. имеют форму эллипса, вытянутого в широтном направлении, вдоль простирания хр. Петра Первого. Землетрясение имело относительно небольшую площадь распространения: 7-балльная – 65 км^2 ; 6-балльная – 430 км^2 , 5-балльная – 3210 км^2 , 4-балльная – 11096 км^2 . Трехбалльные колебания ощущались на расстоянии более 100 км от эпицентра.

Глубина очага h , определенная по макросейсмическим данным согласно формуле из [4]:

$$I_0 - I_i = v \cdot \lg \sqrt{1 + \Delta^2 / h^2}, \quad (3)$$

равна 8–10 км.

Относительно небольшая площадь 7-балльной зоны свидетельствует о небольших размерах очага, характерных для землетрясений Таджикской депрессии. Горизонтальная протяженность очага L_x по формуле Н. В. Шебалина из [8] равна:

$$L_x = d_{i \max} - d_{i \min} = 11 \text{ км} - 7.6 \text{ км} = 3.4 \text{ км},$$

где $d_{i \max}$ и $d_{i \min}$ – наибольший и наименьший диаметры первой изосейсты.

Остаточные деформации грунтов. Обычно на территории Таджикистана землетрясения с интенсивностью сотрясений $I \geq 6$ баллов сопровождаются остаточными деформациями грунтов в виде оползней, обвалов, трещин в грунтах и т.д., по размерам и количеству которых определяется или уточняется степень интенсивности сейсмического события, особенно в малозаселенных горных районах.

Таджикабадское землетрясение 10 июля 2021 г. с $K_p=14.1$ вызвало в эпицентральной области многочисленные обвалы, камнепады, оползни и трещины в грунтах. Основная их часть была зафиксирована на гребне и склонах безымянной горы, окаймляющей плато, где расположены селения Кули-Калон, Бустон и Саричашма с юга (рис. 8).



Рис. 8. Безымянная гора в южной части (напротив) селений Саричашма, Бустон и Куликалон (вид с севера)

На расстоянии 0.5–0.7 км севернее отмеченных селений, на гребне горы, в 2.5–3.0 км севернее эпицентра землетрясения (северные отроги хр. Петра Первого), сложенной с поверхности делювиальными лессовидными суглинками мощностью от 2–3 до 5–10 м, на протяжении около 2.0 км образовались продольные простирающие хребта трещины. Трещины прерывистые, длиной от 30–40 до 150–200 м и шириной раскрытия от 5–10 до 20–30 см (рис. 9). Они проходят параллельно друг другу на расстоянии от 1 до 2–3 м. Местами между ними наблюдаются грабенообразные проседания грунтов на 20–30 см. Стенки трещин вертикальные. Множество трещин с некоторым смещением грунтов (рис. 10) образовались и на склонах небольших поперечных гребню горы оврагах. Следует отметить, что все трещины образовались в абсолютно сухих грунтах (лессовидные суглинки), вследствие чего больших смещений грунтов на склонах не произошло. Судя по размерам трещин, интенсивность сотрясений здесь достигала 7–8 баллов по шкале MSK-64.



Рис. 9. Продольные параллельные трещины на гребне и склонах безымянной горы напротив кишлаков Кули-Калон, Бустон и Саричашма

В селениях Кули-Калон и Бустон, где интенсивность сотрясений достигала 7 баллов, на относительно ровных поверхностях земли образовались трещины шириной от 0.5 до 1.5 см и длиной от 50–60 до 100 м, в основном широтного простираения. В зонах 7- и 6-балльных сотрясений на склонах гор наблюдались многочисленные небольшие обвалы, камнепады и оползни (рис. 11).

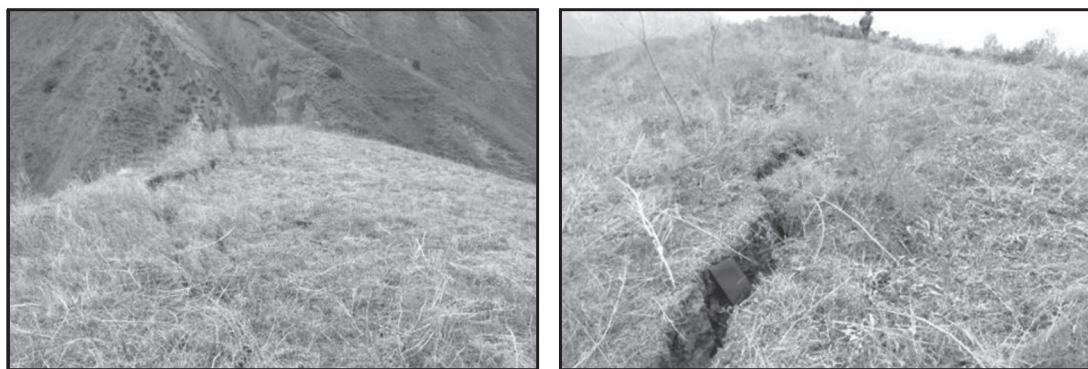


Рис. 10. Грабенообразная просадка грунтов между двумя параллельными трещинами на поверхности гребня горы



Рис. 11. Обвалы стенок подрезанного склона перед кишлаком Саричашма

Линейное простираие крупных трещин в гребневой части безымянной горы может свидетельствовать о возможности существования либо образования нового тектонического нарушения (рис. 12).

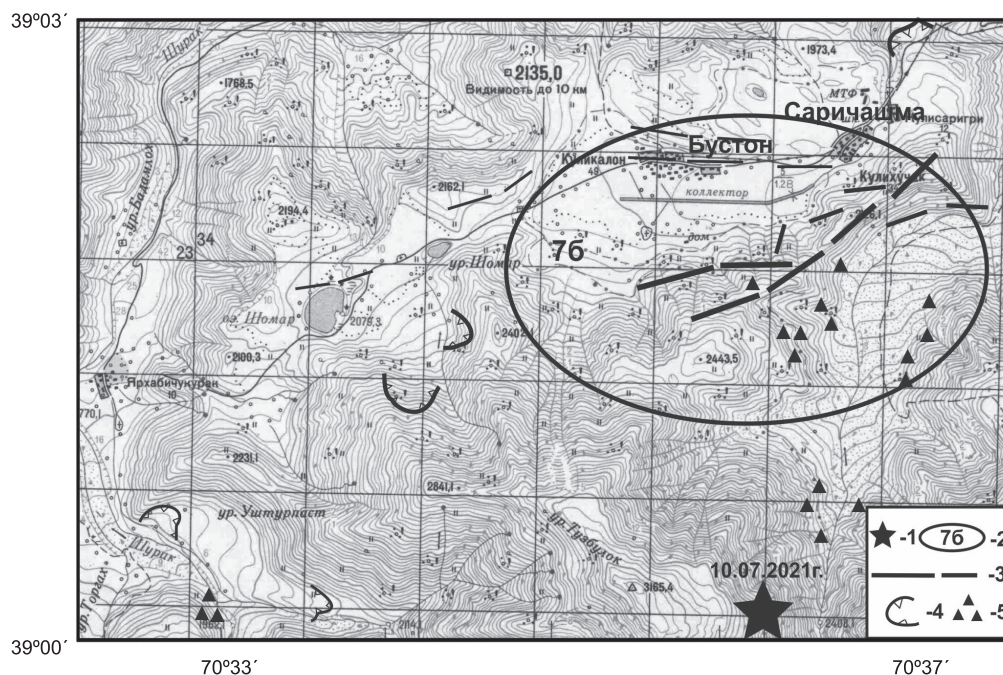


Рис. 12. Расположение остаточных деформаций грунтов в зоне 7- и 6-балльных сотрясений от землетрясения 10 июля 2021 г. с $K_p=14.1$

1 – эпицентр землетрясения по инструментальным данным; 2 – зона 7-балльных сотрясений; 3 – трещины в грунте; 4 – оползни; 5 – камнепады.

В тектоническом плане район исследования расположен в восточной части Таджикской депрессии на стыке со структурами Южного Тянь-Шаня. Их разделяет между собой глубинный Илякско-Вахшский разлом, который пересекает почти всю территорию Таджикистана с запада на восток. Поверхность разлома падает в юго-восточном направлении под углом от 30° до 60° . В Гарм-Таджикабадском (Рашт-Таджикабадском) районе фронтальная часть разлома проходит вдоль левого берега р. Сурхоб и нижней части северного склона хр. Петра Первого. В приосевой части хр. Петра Первого расположено несколько крутых разрывов (надвиги, взбросы) широтного простирания, среди которых наиболее крупным является Яфучский взброс. Разлом простирается вдоль хр. Петра Первого на расстояние более 150–160 км и имеет юго-восточное падение под углами 60 – 80° . Согласно работе В. В. Лима, Л. Н. Чертова [9], в южных отрогах хр. Петра Первого все эти разрывные нарушения на глубине 5–6 км сливаются в единую поверхность срыва на уровне верхнеюрских гипсов (рис. 13).

Землетрясение 10 июля 2021 г. произошло в депрессионной части территории. Район представлен нижне-мезозойско-кайнозойскими отложениями, которые на склонах хр. Петра Первого перекрыты делювиальными и пролювиальными отложениями (суглинками с примесью обломочных пород). Здесь поверхность консолидированного фундамента расположена на глубине 7–9 км [10].

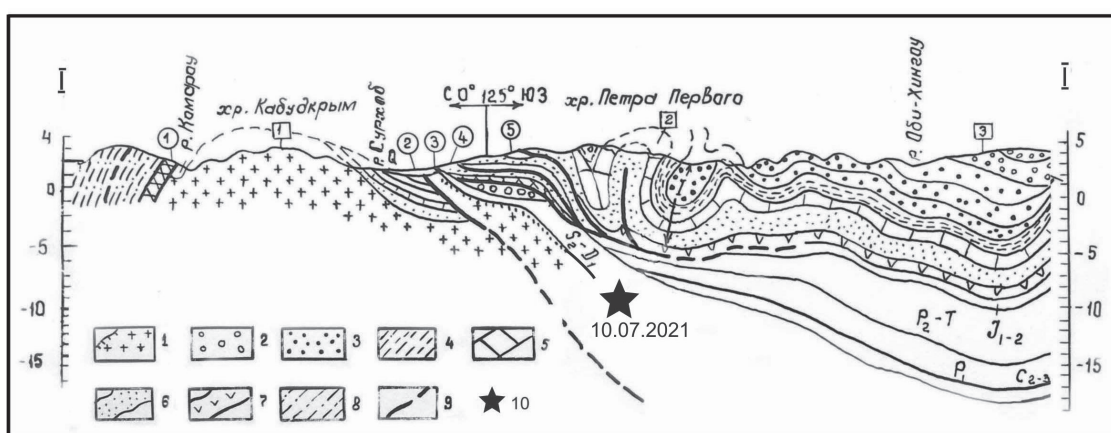


Рис. 13. Геологический профиль через территорию Гармского района [10]

1 – среднепалеозойские граниты; 2 – плиоцен; 3 – миоцен; 4 – палеоген; 5 – верхний мел; 6 – нижний мел; 7 – верхняя юра; 8 – метаморфические породы верхнего протерозоя; 9 – надвиги и разрывы; 10 – гипоцентр землетрясения 10 июля 2021 г. Цифры в кружках – надвиги: 1 – Даштихирсунский; 2 – Дагана-Миндалюльский; 3 – Вахшский; 4 – Юстинский; 5 – Яфучский. Цифры в квадратах: 1 – Кабудкрымское поднятие; 2 – Нуранчская антиклиналь; 3 – Тавильдаринский прогиб.

Зона наибольших сотрясений от Таджикабадского землетрясения 10 июля 2021 г., как и его макросейсмический эпицентр (в 1.0–1.5 км южнее кишлака Кули Калон), находились на северном склоне хр. Петра Первого, в зоне прохождения Яфучского взброса, имеющего здесь юго-восточное падение (рис. 12).

Сейсмическая активность района. В сейсмическом отношении Гарм-Таджикабадский район является одним из наиболее активных на территории Таджикистана. Это обусловлено главным образом воздействием Индо-Евразийской конвергенции, вследствие которой происходит сжатие земной коры между Памиром и Тянь-Шанем, что приводит к частым землетрясениям. На острие этого сжатия (вдоль Илякско-Вахшского глубинного разлома) и расположена восточная часть Таджикской депрессии, зажатая между структурами Тянь-Шаня и Памира (Гарм-Таджикабадский район).

В этом районе в пределах хр. Петра Первого (от Гарма до Таджикабада) за период 1895–2021 гг. произошло 12 сильных землетрясений [11–13] с интенсивностью в эпицентре от 6 до 8–9 баллов (табл. 4, рис. 14).

Эпицентры всех этих сейсмических событий расположены в зоне Яфучского разлома (рис. 14) и имеют глубину очага от 5 до 10 км. Похожи они и по характеру проявления на поверхности земли. Плейстосейстовые зоны этих землетрясений расположены в основном на северном склоне хр. Петра Первого, на участке протяженностью около 45–50 км. Все это дает основание к предположению о генетической связи этих землетрясений, включая последнее (2021 г.), с одним и тем же тектоническим нарушением.

Таблица 4. Параметры сильных землетрясений Гарм-Таджикабадской зоны, произошедших в пределах хр. Петра Первого за 1895–2021 гг.

№	Наименование землетрясения	Дата	Координаты эпицентра		h , км	Магнитуда M	Балл в эпицентре I_0 (макросейсм)
			φ°	λ°			
1	Каратегинское	13.11.1895	38.98	70.41	5	5.1	8 [11, 12]
2	Каратегинское	30.05.1939	38.98	70.45	6	5.8	8–9 [11, 12]
3	Газорчашминское	22.09.1956	38.95	70.51	4	4.5	7–8 [11, 12]
4	Каратегинское	07.01.1958	38.91	70.32	5	5.6	8 [11]
5	Гармское	14.04.1966	38.96	70.55	10	5.2	6 [11]
6	Газорчашминское	03.09.1976	38.97	70.60	5	5.3	6–7 [13]
7	Газорчашминское	26.02.1983	38.94	70.51	6	5.5	7 [13]
8	Газорчашминское	23.02.1987	38.97	70.58	7.5	5.2	6 [13]
9	Гармское	21.07.2007	38.99	70.28	10	5.2	6 [13]
10	Газорчашминское	01.07.2016	38.92	70.49	10	5.4	6–7 [14]
11	Таджикабадское	04.07.2020	39.02	70.99	10	5.2	7 [1]
12	Таджикабадское	10.07.2021	39.00	70.60	10	5.8	7–8

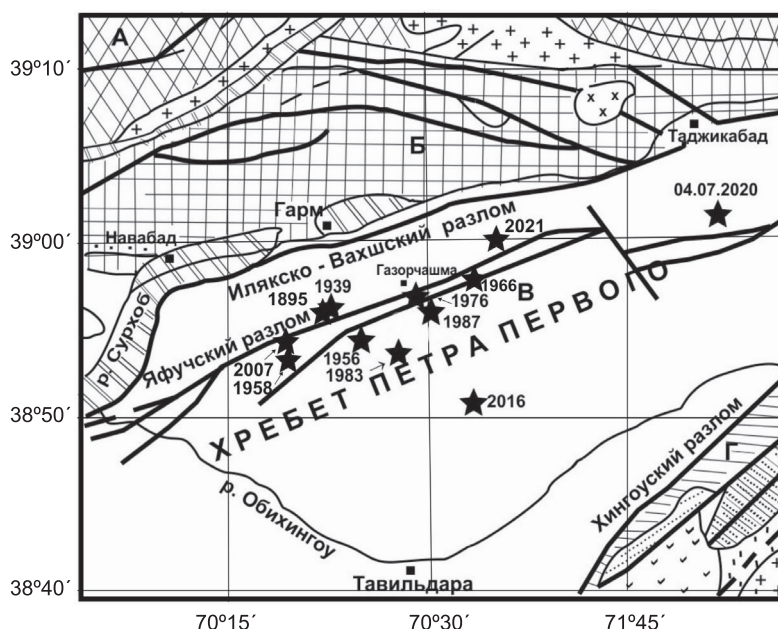


Рис. 14. Тектоническая схема Гармского района [10]

Структурно-фациальные зоны: А – Зеравшано-Гиссарская; Б – Гармская; В – Южно-Таджикская подзона Памиро-Алайской зоны; Г – Обихингоуская подзона Памиро-Алайской зоны; звездочки – эпицентры сильных землетрясений района с указанием года события.

По данным И. Е. Губина [12], в пригребневой части хр. Петра Первого, в земной коре, на глубине от 1–2 до 4–5 км (возможно, больше) находится Вахшская структурная ступень. На земной поверхности она выражена тем, что меловая толща Вахшского покрова круто погружается к юго-востоку вместе с поверхностью Вахшского надвига. Отмечается, что очаги всех сильных землетрясений этого района (произошедших до 1960 г. с глубиной очага до 5 км) были расположены на поверхности Вахшского надвига.

Если учесть, что очаги последних сильных землетрясений, произошедших в этом районе (в 2016 [14], 2020 [1] и 2021 гг.), определены на глубине 10 км (по макросейсмическим данным 8–10 км), т.е. в палеозойском фундаменте, то можно предположить их связь с подвижками по Илякско-Вахшскому глубинному разлому. При этом основная энергия землетрясений высвобождалась по Яфучскому взбросу, либо данное тектоническое нарушение имеет более глубокое заложение и очаг связан с ним. Следует отметить, что интенсивность сотрясений от Таджикибадского землетрясения 10 июля 2021 г. к северу от эпицентра, в направлении фронтальной части Илякско-Вахшского разлома, начинает заметно затухать (от 7–8 до 5–6 баллов). Это обстоятельство также может говорить в пользу того, что очаг данного сейсмического события связан с Яфучским взбросом.

Заключение. Гарм-Таджикабадский район, где произошло землетрясение 10 июля 2021 г., в сейсмическом отношении является одним из наиболее активных в Таджикистане. Об этом свидетельствует наибольшее количество сильных (6–9 баллов) землетрясений, произошедших здесь за последние чуть более 120 лет, с промежутками от 4–7 до 20 лет. Зоны наибольших сотрясений и повреждений при этих сейсмических событиях были расположены в основном на северном склоне хр. Петра Первого, следовательно, кишлаки, расположенные на этом участке, наиболее уязвимы к сейсмическим рискам.

Землетрясение 10 июля 2021 г. с $M_{S_{MOS}}=5.8$ и $I_0=7-8$ баллов является наиболее сильным и разрушительным за последние 60 лет среди произошедших на этой территории. В плейстосейстовой зоне оно вызвало многочисленные остаточные деформации грунтов, разрушения жилых и общественных строений, а также гибель людей.

Геологический анализ, расположение эпицентра, глубина очага (10 км) и особенности проявления на поверхности землетрясения 10 июля 2021 г. показывают, что оно связано с тектоническими движениями по Яфучскому разлому, возможно в зоне контакта консолидированного фундамента с осадочными породами мезо-кайнозоя. Судя по расположению плейстосейстовой зоны и глубине очага ($h=10$ км), вероятнее всего, разрыв произошел в зоне Иляско-Вахшского глубинного разлома, а высвобождение основной энергии землетрясения произошло по поверхности Яфучского взброса в приосевой части хр. Петра Первого.

Основные причины большого ущерба, причиненного землетрясением 10 июля 2021 г. в кишлаках Куликалон, Бустон, Сарычашма и близлежащих к эпицентру землетрясения, следующие:

- низкое качество строительных материалов (использование глинозема, не обладающего требуемыми связывающими свойствами) и несоблюдение действующих строительных норм и правил;
- многие глинобитные дома не имеют фундамента или их фундаменты сделаны из рваных камней без использования цемента;
- большинство жилых глинобитных домов были построены еще в 1960–1970-х годах и пострадали от сильных землетрясений предыдущих лет, поэтому и сейсмостойкость многих из них была значительно ослаблена.

Основным природным риском в регионе является землетрясение. Поэтому, с учетом расположения района в сейсмоактивной зоне, в целях дальнейшего снижения сейсмического риска уровень строительства жилых домов, школ и объектов общественного назначения должен быть повышен, а строительство объектов должно осуществляться в соответствии со строительными нормами для районов с высокой сейсмической активностью.

Л и т е р а т у р а

1. Джураев Р.У. Таджикабадское землетрясение 4 июля 2020 г. с $M_s=5.2$, $I_0=7$ баллов (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 313–322. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.28> EDN: UMJKTA
2. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В.М. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
3. Улубиева Т.Р., Рислинг Л.И., Михайлова Р.С., Нилобекова З.Г., Маматкулова З.С., Хакимова С.Ш., Холова Г.Н. Каталог землетрясений Таджикистана за 2021 г. – 2025. – Вып. 28 (2021). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-28.html>
4. Шебалин Н.В. Опорные землетрясения и уравнения макросейсмического поля // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. – М.: Наука, 1977. – С. 20–30.
5. Коньков А.А. Определение коэффициентов макросейсмического поля Таджикской депрессии. Сильные землетрясения Средней Азии и Казахстана. Т. 2–4. – Душанбе: Дониш, 1975. – С. 70–72.
6. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ РАН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
7. Каталог землетрясений Таджикистана регионального центра обработки ИГССС за 2021 г. – Душанбе: Фонды Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии, 2024.
8. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. – М.: Наука, 1974. – 54 с.
9. Лим В.В., Чертов Л.Н. Результаты комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштаба 1:200 000 листа J-42-XVI // Отчет за 1971–1974 гг. – Душанбе: Фонды УГСМ Тадж. ССР, 1975. – С. 26–30.
10. Беккер Я.А., Кошлаков Г.В., Кузнецов Е.С. Глубинное строение Юго-Западного Таджикистана по геолого-геофизическим данным // Поиски предвестников землетрясений на прогностических полигонах. – М.: Наука, 1974. – С. 16–24.

11. Михайлова Р.С., Катов А.П., Матасова Л.М., Джанузаков К.Д., Сыдыков А.Ш. Средняя Азия и Казахстан // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 198–296.
12. Губин И.Е. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана. – М.: АН СССР, 1960. – 463 с.
13. Джураев Р.У. Макросейсмическое проявление сильных землетрясений в районе строительства Рогунской ГЭС. – Душанбе: ООО Мир Полиграфии, 2013. – 111 с.
14. Джураев Р.У. Газорчашминское землетрясение 1 июля 2016 г. с $K_p=12.5$, $M_w=5.0$, $I_0=6-7$ (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 277–284. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.25 EDN: GOMUII

TAJIKABAD EARTHQUAKE of July 10, 2021 with $M_s=5.8$, $I_0=7-8$ (Tajikistan)

R.U. Juraev

Institute of Geology, Seismic Construction and Seismology of the National Academy of Sciences of Tajikistan,
Dushanbe, Tajikistan, dhuraev52@mail.ru

Abstract. Instrumental and macroseismic data of the earthquake on July 10, 2021 with $M_{S_{MOS}}=5.8$, $I_0=7-8$, which occurred in the Tajikabad district of Tajikistan, are presented. The earthquake was accompanied by many aftershocks, which epicenters are located in the crest part of the Peter the Great ridge. Information on earthquake manifestations in 43 settlements was collected, and damage to buildings was assessed. A map of isoseisms from 7 to 4 points was made. Information on residual deformations of soils caused by the earthquake is presented. By size of the residual deformations, the intensity I_0 at the epicenter is specified. The seismotectonic conditions of the source are considered and data on the historical seismicity of the area are presented.

Keywords: earthquake, aftershock, epicenter, macroseismic parameters, earthquake consequences, isoseismic line, residual soil deformations.

For citation: Juraev, R.U. (2025). [Tajikabad earthquake of July 10, 2021 with $M_s=5.8$, $I_0=7-8$ (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 278–290. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.26> EDN: UECROA

References

1. Juraev, R.U. (2024). [Tadjikabad earthquake of July 4, 2020 with $M_s=5.2$, $I_0=7$ (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 313–322. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.28> EDN: UMJKTA
2. Medvedev, S. V. Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaya shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
3. Ulubieva, T.R., Risling, L. I., Mikhailova, R. S., Nilobekova, Z. G., Mamatkulova, Z. S., Khakimova, S.Sh., & Kholova, G.N. (2025). [Catalog of earthquakes in Tajikistan for 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gstras.ru/zse/app-28.html>
4. Shebalin, N.V. (1977). [Reference earthquakes and macroseismic field equations]. In *Novyi katalog sil'nykh zemletriasenii na territorii SSSR s drevneishikh времен do 1975 g.* [A new catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times to 1975] (pp. 20–30). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
5. Kon'kov, A.A. (1975). [Determination of the coefficients of the macroseismic field of the Tajik depression]. In *Sil'nye zemletryaseniya Srednej Azii i Kazakhstana, T. 2–4* [Strong earthquakes of Central Asia and Kazakhstan, V. 2–4] (pp. 70–72). Dushanbe, Tajikistan: Donish Publ. (In Russ.).
6. Rautian, T.G. (1960). [Energy of earthquakes]. In *Metody detal'nogo izucheniya seismichnosti (Trudy IFZ AN SSSR, № 9 (176))* [Methods of Detail Study of Seismicity] (pp. 75–114). Moscow, Russia: Inst. Fiz. Zemli Akad. Nauk SSSR Publ. (In Russ.).
7. *Katalog zemletryasenij Tadzhikistana regional'nogo centra obrabotki IGSSS za 2021 g.* [Tajikistan Regional Processing Center Earthquake Catalog for 2021]. (2024). Dushanbe, Tajikistan: Funds of the Institute of Geology, earthquake engineering and seismology of Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. (In Russ.).
8. Shebalin, N.V. (1974). [Foci of strong earthquakes on the territory of the USSR]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 54 p. (In Russ.).
9. Lim, V.V., & Chertov, L.N. (1975). [Results of a comprehensive hydrogeological and geotechnical survey of the scale of 1:200 000 sheet J-42-XVI]. In *Otchet za 1971–1974 gg.* [Report for 1971–1974] (pp. 26–30). Dushanbe, Tajikistan: Funds of UGSM of the Tajik SSR Publ. (In Russ.).
10. Becker, Ya.A., Koshlakov, G.V., & Kuznetsov E. S. (1974). [Deep structure of South-Western Tajikistan according to geological and geophysical data]. In *Poiski predvestnikov zemletryasenij na prognosticheskikh poligonah* [The search for earthquake precursors at prognostic polygons] (pp. 16–24). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).

11. Mikhailova, R.S., Katok, A.P., Matasova, L.M., Dzhanuzakov, K.D., & Sydykov, A. (1977). Central Asia and Kazakhstan. In *Novyi katalog sil'nykh zemletriasenii na territorii SSSR s drevneishikh vremen do 1975 goda* [A new catalog of strong earthquakes on the territory of the USSR from ancient times to 1975]. (pp. 198–296). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
12. Gubin, I.E. (1960). *Zakonomernosti seismicheskikh proyavlenij na territorii Tadzhikistana* [Regularities of seismic manifestations on the territory of Tajikistan]. Moscow, Russia: USSR Academy of Sciences Publ., 463 p. (In Russ.).
13. Juraev, R.U. (2013). *Makroseismicheskoe proyavlenie sil'nykh zemletryasenij v rajone stroitel'stva Rogunskoj GES* [Macroseismic manifestation of strong earthquakes in the area of construction of the Rogun hydroelectric power station]. Dushanbe, Tajikistan: LLC "World of Printing" Publ., 111 p. (In Russ.).
14. Juraev, R.U. (2022). [Gazorchashma earthquake on July 1, 2016 with $K_R=12.5$, $M_w=5.0$, $I_0=6-7$ (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 277–284. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.25> EDN: GOMUII