

УДК 550.34(476)

САРЕЗСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 7 ДЕКАБРЯ 2015 ГОДА

¹⁾ Негматуллаев С.Х., ²⁾ Джураев Р.У., ¹⁾ Улубиева Т.Р.¹⁾ Геофизическая служба Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе²⁾ Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии
Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе

Приведено описание Сарезского землетрясения 7 декабря 2015 г., особенностей его проявления на поверхности, приуроченности к геологическим структурам и карты изосейст. Дан сравнительный анализ с землетрясением 18 февраля 1911 г. и сделан вывод о возможном глубоком землетрясении в районе оз. Сарез по сценарию 2015 г.

7 декабря 2015 г. в 12 ч. 50 мин местного времени (7ч. 50мин по Гринвичу) на территории Таджикистана произошло сильное землетрясение с магнитудой 7,2 [1]. Землетрясением был нанесен значительный материальный ущерб населенным пунктам Рушанского, Шугнанского и Ванчского районов (Памир). В общей сложности были повреждены и разрушены более 500 домов, десятки людей получили травмы, были человеческие жертвы.

Погрешность в определении основных параметров землетрясения по различным источникам (таблица 1) составляет порядка 10 км. По данным цифровых широкополосных сейсмических станций Геофизической службы Академии наук Таджикистана [2, 3] эпицентр землетрясения располагался в зоне пересечения центральной части Бартанг-Пшартского и южной оконечности Каракульско-Сарезского разломов [4, 5] в 22 км от Сарезского озера в устьевой части Ирхтского залива. По макросейсмическим данным эпицентр землетрясения расположен между Сарезским озером и селением Гудара, в северных отрогах Музкольского хребта (рисунок 1).

Таблица 1. Основные параметры землетрясения 7 декабря 2015 г. по определениям различных сейсмологических агентств

№	Источник (*)	Время	Эпицентр		Глубина, h, км	M
			φ, с. ш.°	λ, в. д.°		
1	GSAST	07:50:01	38,15	72,85	20	7,2
2	MOS	07:50:06	38,34	72,84	33	6,8
3	USGS	07:50:05	38,21	72,78	22	7,2
4	IDC	07:50:01,8	38,16	72,87		7,3
5	IGR	07:50:12,7	38,73	72,63	0	7,2
6	AWI	07:50:07,2	38,26	72,77		
7	DJA	07:50:08,2	38,20	72,91	57	6,7
8	CSEM	07:50:04,9	38,13	72,95	10	7,2

(*) Примечание:

GSAST – Геофизическая служба АН РТ,
MOS – Геофизическая служба РАН, Обнинск,
USGS – Геологическая служба США,
IDC – Международный центр данных ОДВЗЯИ,
IGR – Институт геофизических исследований, Казахстан,
AWI – Институт приполярного и морского исследования, Германия,
DJA – индонезийское агентство,
CSEM – Европейско-Средиземноморский сейсмологический центр

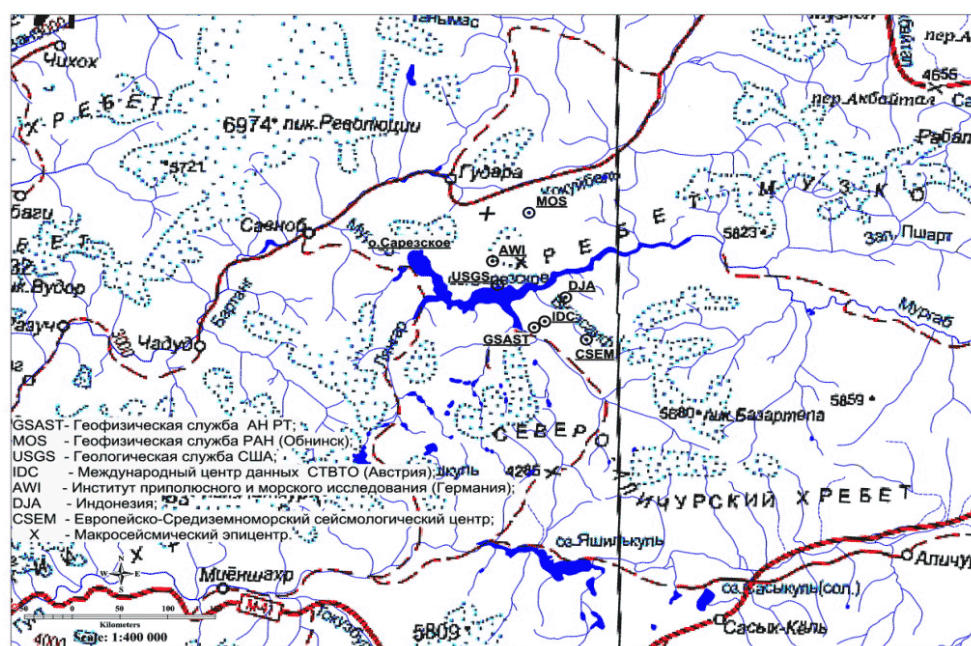


Рисунок 1. Расположение эпицентров по определениям различных сейсмологических агентств

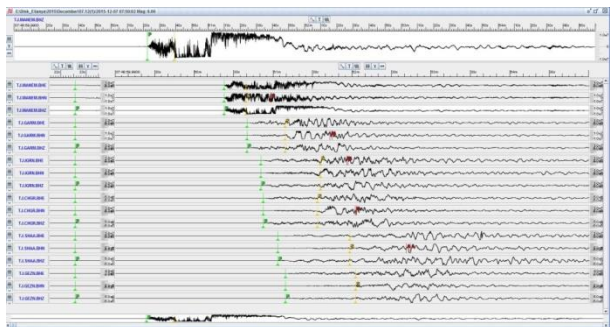


Рисунок 2. Запись землетрясения 7 декабря 2015 г. цифровыми широкополосными станциями ГС АН РТ

На рисунке 2 представлены сейсмограммы Сарезского землетрясения 7.12.2015 г. полученные цифровыми сейсмическими станциями Геофизической службы.

Следует отметить, землетрясение 7 декабря 2015 г. произошло в том же очаге, что и известное 9-балльное Сарезское землетрясение 1911 г. с $M=7,4$ [6]. Были наиболее сильно повреждены и разрушены те же селения, что и при землетрясении 1911 г., расположенные севернее и северо-восточнее эпицентра, в верховьях долины реки Бартанг (Гудара, Па-

сор, Бопасор, Рухч, Акташ, Ташкол, Курган, Босбайтал). В этих селениях жилые дома и общественные здания построены, главным образом, из рваного камня на глинистом и реже цементном растворе. При землетрясении особенно сильно пострадали селения Гудара, Пасор и Бопасор, где интенсивность сотрясений по MSK-64 [7] достигала 7 баллов. В кишлаке Гудара были разрушены почти 80 % старых жилых домов (рисунок 3). В верховьях долины реки Бартанг и его притоках произошли многочисленные обвалы и камнепады (рисунок 4). В долинах рек Босбайтал и Кокуйбель (Курган, Акташ, Ташкол, Босбайтал) были полностью разрушены каменные постройки для содержания скота, по бортам долины реки Босбайтал на поверхности моренных отложений образовались значительные трещины (рисунок 5), где интенсивность сотрясений очевидно достигала 8 баллов.

В акватории озера Сарез подземные колебания достигали интенсивности до 7 баллов. В стенах нового одноэтажного капитального здания гостиницы МЧС, построенного из рваного камня (на фундаменте) на левом берегу озера образовались трещины.



Рисунок 3. Разрушенные жилые дома каменной постройки в кишлаке Гудара



Рисунок 4. Обвалы и камнепады по долине р. Бартанг



Рисунок 5. Трещины по бортам долины р. Босбайтал (северо-восточнее оз. Сарез)

На левом берегу озера было разрушено относительно новое одноэтажное здание каменной постройки, а на правом берегу – каменная постройка (склад) полевого лагеря геологов.

Во время землетрясения в озере поднялась волна высотой 0.9–1.0 м. Вдоль берегов озера произошли многочисленные небольшие обрушения раздробленного материала на крутых склонах, но крупных обрушений замечено не было. На поверхности завала видимых изменений не произошло. Сравнение снимков правобережного склона в 4 км выше плотины Усой, сделанных в 2011 г. и 13.12.2015 г. не показали существенных изменений на этом участке. Полевое обследование летом 2016 г. также не показало каких-либо смещений на Правобережном «оползневом» склоне.

Следует отметить, что после основного толчка уровень воды в озере поднялся на 20–25 см, который в течение 2–3 суток пришел в первоначальное состояние. Обследование родников показало, что их дебиты не изменились, уровень воды в реке Бартанг соответствовал уровню зимнего периода. Это свидетельствует о стабильности фильтрации воды из озера через завал и то, что зона фильтрации при землетрясении не изменилась.

В западном направлении от эпицентра, вниз по течению р. Бартанг, интенсивность сотрясений составляла 6 баллов в селениях Барчидив, Чадуд, Басид, а в селениях, расположенных ниже, включая и райцентр Рушон, колебания достигали 5–6 баллов (рисунок 6).



Рисунок 6. Схема изосейст Сарезского землетрясения 7 декабря 2015 г. [Джураев Р.В.]



Рисунок 7. Трещины и смещения поверхностных гляциальных отложений на Левобережном «оползневом» участке

Севернее эпицентральной зоны, в верховьях долины реки Ванч, в селениях Ванвани-Боло, Ванвани-Поен и Поймазор интенсивность подземных толчков достигала 6 баллов. Большинство жилых глинобитных домов этих селений получили повреждения в виде трещин в стенах и частичного обрушения частей стен. В райцентре Ванч и в районе селений Аличур, расположенном в 32 км и Джилонды – в 38 км от эпицентра, интенсивность сотрясений достигала 5–6 баллов. Столько же ощущалось в Мургабе (31 км) и Рангуле (116 км), 5 баллов – в г. Хороге (122 км), 4–5 баллов – в Джиргатале (165 км), 4 балла – в Ишкашме (165 км) и Душанбе (345 км), 3–4 балла – в Худжанде (350 км), Оше (250 км), 3 балла – в Ташкенте (446 км). Сейсмические колебания землетрясения 7 декабря 2015 г. интенсивностью от 3 до 5 баллов ощущались на территории Кыргызстана, Узбекистана, Афганистана и Китая.

26.12.2015 г. при повторном аэровизуальном обследовании акватории озера в верхней части левобережного оползневого склона была обнаружена трещина протяженностью около 1,2 км (при обследовании 13.12.2015 г. этой трещины не обнаружено), которая образовалась в результате многочисленных повторных толчков (рисунок 7). По трещине были смещены поверхностные рыхлые четвертичные отложения на расстояние от 1–2 до 4–5 м. Мощность этих отложений на разных частях склона колеблется от 3–5 до 8–10 м. В нижних частях склона смещения отложений не обнаружено. Подвижки прекратились в феврале месяца, после прекращения ощутимых по-

вторных толчков. По предварительным расчетам объем вероятного оползневого массива составляет около 13 млн м³. Данный массив разделен на множество блоков и вероятность одновременного схода маловероятна. Даже в случае, если вся эта масса одновременно сойдет в озеро, уровень воды в нем может на некоторое время подняться на 20–30 см, что не составит угрозу плотине. По данным полевого обследования данного участка сотрудниками Главного управления геологии при Правительстве Таджикистан в июле–августе 2016 г. трещины во многих местах заполнены рыхлыми отложениями и дальнейшего их роста не наблюдается.

Сарезское землетрясение 7 декабря 2015 г. сопровождалось большим количеством повторных толчков. До конца 2015 г. произошло 23 землетрясения с $K \geq 11,6$ ($M \geq 4,2$), причем основная часть – в первые два дня. Многие из них в эпицентре имели интенсивность от 3–4 до 4–5 баллов, а отдельные до 5–6 баллов. На озере Сарез ощутимость землетрясения составила 5–6 баллов. В продолжение сейсмического процесса в Мургабской подзоне, северо-восточнее этого землетрясения, через три часа зафиксирован толчок с $K = 13,9$ ($M = 5,5$).

К концу года сейсмический потенциал Памира резко повысился – зарегистрировано 1636 толчков с $K \geq 9$ (таблица 2). Причем только за 7 декабря отмечено 536 землетрясений с $K = 9–14$, которые распространились на большой территории, отмеченной координатами: 37,3–38,9°с. ш. и 72,1–73,9°в. д.

Таблица 2. Распределение числа коровых землетрясений Памира по энергетическим классам за период 7.12.2015 г. – 31.03.2018 г.

Год	Энергетический класс			Всего с $K \geq 10$			Всего с $K \geq 12$			Всего		
	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
2015 (7–31) декабря	1219	253	142	15	6	1	–	–	1	418	23	1637
2016	430	83	21	8	3	–	–	–	–	115	11	545
2017	145	14	2	–	1	–	–	–	–	17	1	162
2018 (1 кв.)	53	5	3	–	–	–	–	–	–	8	–	61

Последствия Сарезского землетрясения 18 февраля 1911 г.

«... обвалился склон и народу погибло в Усое -58, в Савнобе 10, в Рухче 4, в Пасоре 30, а в Нусуре 40 душ, а скота погибло более 300 голов. И в итоге Заимкин насчитал : погибло 45 мужчин, 58 женщин, 77 детей,, всего 180 человек». (Шпилько Г.А., 1913).

В Афганистане : в Кабуле рарушено 300 дворов, погибло 460 человек; в Ханабаде разрушено 70 дворов, убито 2 человека; в Файзабаде пострадало несколько дворов.

Шпилько Г.А. определил интенсивность землетрясения около 8 баллов по шкале Росси-Фореля и предположил, что его эпицентр находился на территории Афганской провинции Бадахшан. Он назвал завал Усойским, а озеро Сарезским.

Именно Шпилько Г.А. первым определил Усойский завал как обвал, спровоцированный землетрясением: « Существенное отличие обвала от оползня состоит в том, что оторванная масса не сползает по склону, а, опрокидываясь быстро, обрушивается вниз, причем первоначальное положение обвалившихся масс пластов является совершенно нарушенным. Эту последнюю картину мы наблюдаем и в Усойском завале.»

В сентябре 1911 года штабс-капитан Заимкин снова посетил к. Сарез и заметил, что вода в озере прибывает в сутки примерно на 36 см и до кишлака Сарез осталось 16 м. Местные крестьяне часть урожая взяли с собой, а остальное распродали по очень низкой цене кочевникам.

Данные мировой сети наблюдений
о Сарезском землетрясении 11 февраля 1911г

№ п/п	Станция	Время вступления Р ч м с	Время вступления S ч м с	Период Т сек	Амплитуда А	Магнитуда МЛН	Длительность записи t мин	Расстояние	Прибор регистрации
1.	Пулково	18:47:45	18:53:14	14,5	82	6,6	135	3800	Голшвын Бон
2.	Львов	18:47:52				7,3	122	4720	Вихерт
3.	Белград	18:47:52(3)	18:54:19						Вихерт
4.	Сараево	18:48:39	18:54:59						Вихерт
5.	Вена	18:48:48	18:55:12	14		7,5	116	4700	Вихерт
6.	Грац	18:48:57		15	220		131	4000-5000	Вихерт
7.	Люблина	18:49:02	18:55:14			6,9	101		Вихерт
8.	Триест	18:49:08	18:55:38			7,1	111		Вихерт
9.	Падуга	18:49:14	18:55:56				86		
10.	Вена	18:49:16	18:55:29			7,7			Вихерт
11.	Геттингем	18:49:21	18:55:59			7,8		4960	Вихерт
12.	Гамбург	18:49:22	18:55:55			7,6	150	4830	Вихерт
13.	Ахен	18:49:39	18:56:03	12	255	7,5	130	5200	Вихерт
14.	Мюнхен	18:49:32	18:56:31				130		Станген
15.	Батона	18:51:02		17	142,7	7,0	94		Вихерт
16.	Каргуя	18:51:07				7,3	129	6580	Омори
17.	Алма	19:00:00							Омори
18.	Оттава	19:04:45				7,1	118		Омори-Бон
19.	Кембридж	19:04:59	19:24:31			7,2	80		Омори-Бон
20.	Берли			20	110	7,4	90		Омори-Бон

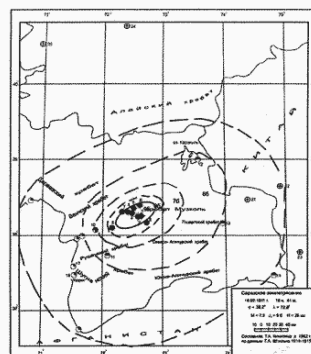


Рисунок 8. Фрагмент публикации о последствиях Сарезского землетрясения 18.02.1911 г.

Активизация сейсмического процесса в верхних слоях земной коры Памирской зоны вызвана, несомненно, глубоким Гиндукушским землетрясением 26 октября 2015 года ($M=7,2$) [8].

За 1 месяц и 12 дней до сейсмического события 07.12.2015 г. в северо-восточной части Афганистана произошло сильнейшее землетрясение с $M=7,2$ с человеческими жертвами, нанесшей значительный материальный ущерб, в приграничных районах Афганистана и Пакистана. Это землетрясение в регионе стало сильнейшим за последние десятилетия. Эпицентр землетрясения был зарегистрирован в пределах Памиро-Гиндукушской зоны, на глубине 230 км. В эпицентре интенсивность сотрясений достигала 8 баллов.

Особенностью этого землетрясения является то, что в одном очаге в течение 10 секунд произошли два сильных подземных толчка, создав сложные механизмы очага. Это событие, которое произошло на достаточно большой глубине, очевидно, вызвало перераспределение напряжений в земной коре на Памире и южном Тянь-Шане, что спровоцировало сильное Сарезское землетрясение 7 декабря 2015 г. и многочисленные сильные подземные толчки в юго-восточной части Алайской долины.

Возможно такая же ситуация была и при возникновении Сарезского землетрясения 1911 г. Данные о характере проявления этого землетрясения в пределах Таджикистана и Афганистана даются в работе Шпилько Г.А. [9]:

Сравнение оценки силы сотрясений в Сарезе и Афганистане (рисунок 8), для которых приводится описание повреждений, привело к выводу, что, вероятнее всего, до Сарезского 1911 года, с небольшим интервалом времени, возник очаг – уже в северо-восточной области Гиндукуша, Он ощущался на территории Афганистана до 5 баллов. Историческое подтверждение в каталогах не имеется.

Изосейсты землетрясения 7 декабря 2015 г. (рисунок 6) имеют форму эллипса, вытянутого в субширотном направлении, и совпадают с простиранием Бартаг-Пшартского разлома. Площадь 7 балльной изосейсты составляет около 1 900 км², 6 балльной – 32 000 км² и 5 балльной – более 125 000 км². Площадь 6 балльной изосейсты землетрясения 1911 г. (рисунок 8) составляла 33 000 км², а 5 балльной – 117 000 км². Направление главных осей изосейст и площадей 6 и 5 балльных зон этих двух сейсмических событий почти совпадают.

Очаг землетрясения определен по нескольким методам:

- по инструментальным данным – на глубине 20 км;
- по макросейсмическим данным [10]:

$$I_0 = b \cdot M - \nu \cdot \lg h + c,$$

средние значения коэффициентов макросейсмического поля по Н.В. Шебалину.

С учетом того, что $I_0 = 8,0$, $b = 1,5$, $\nu = 3,5$ и $c = 3,0$, глубина h составила 40 км;

– по изосейстам:

$$I_0 - I_i = v \cdot \lg \sqrt{\frac{\Delta_i^2 + h^2}{h^2}},$$

где: I_0 – интенсивность в эпицентре; I_i – интенсивность на i -той изосейсте; Δ_i – среднее расстояние от эпицентра (средний радиус i -той изосейсты); h – глубина очага. С учетом полученных исходных данных глубина определена равной 30 км.

Коэффициенты макросейсмического поля: v – коэффициент затухания; b и c – коэффициенты, характеризующие соотношение масштабов шкал силы землетрясений (I_0) и магнитуды (M).

Относительно большая площадь плейстоценовой зоны свидетельствует о больших размерах очаговой области землетрясения. Горизонтальная протяженность очага L_x вычислена по формуле [11]:

$$L_x = d_i \max - d_i \min = 15,0 \text{ км},$$

где: $d_i \max$ и $d_i \min$ – наибольший и наименьший диаметры первой изосейсты.

Детальное обследование акватории Сарезского озера показало устойчивость Усойского завала (естественная каменно-набросная плотина высотой более 500 м) к сейсмическим колебаниям интенсивностью 7–8 баллов, что говорит в пользу такой конструкции при строительстве крупных ГЭС в сейсмически активных районах, особенно в Таджикистане. Что касается Правобережного «оползневого» склона, его возможным сходом, то 7–8 балльное землетрясение 07.12.2015 г. показало, что на её поверхности никаких изменений не произошло и реальной угрозы смещения со склонов огромных масс горных пород, могущих вызвать катастрофу на озере Сарез, не существует [12–14].

Большие разрушения в эпицентральной зоне Сарезского землетрясения больше связано с сейсмостойкостью местных жилых построек, что необходимо учесть строителям при возведении новых строений из местного материала и усилении старых жилых домов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Негматуллаев, С.Х. Каталог ощутимых землетрясений Таджикистана с 1955-по 2015 гг. – Душанбе: Геофизическая служба АН РТ : изд. Дониш – 2016 г. – С. 134.
2. Негматуллаев, С.Х. Современная цифровая сеть сейсмического мониторинга Таджикистана / С.Х. Негматуллаев // Землетрясения Северной Евразии. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 125–131.
3. Негматуллаев, С.Х. Обеспечение сейсмического мониторинга землетрясений Таджикистана цифровыми широкополосными станциями / С.Х. Негматуллаев, Т.Р. Улубиева, Р.У. Джураев, З. С. Маматкулова // Тезисы докладов VIII Международной конференции «Мониторинг ядерных испытаний и их последствий». – Курчатов (Казахстан), 2014. – С. 19.
4. Кухтиков, М.М. Краевые долгоживущие разломы Памира / М.М.Кухтиков, Г.П. Винниченко. – Душанбе: Изд. Дониш, 1977. – 167 с.
5. Ачилов, Г.Ш. Сейсмогенные зоны Памира / Г.Ш. Ачилов, А.М. Бабаев, К.М. Мирзоев, Р.С. Михайлова // Геология и геофизика Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1985. – № 1 – С. 117–138.
6. Михайлова, Р.С. Средняя Азия и Казахстан [300 до н.э. – 1974 г. , $M \geq 5$, $MPSP \geq 5.6$, $MVPA \geq 10 \geq 6.0$] / Р.С. Михайлова, А.П. Каток, Л.М. Матасова, Л.М. Джанузаков, А. Сыдыков (отв. сост.) // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 198–296.
7. Медведев, С.В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64 / С.В. Медведев, В. Шпонхойер, В. Карник. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
8. Негматуллаев, С.Х. Проявление сильных землетрясений на территории Таджикистана в 2015 году / С.Х. Негматуллаев, Р.У. Джураев, Т.Р. Улубиева // Изв АН РТ, 2016 – № 4(165). – С. 84–94.
9. Шпилько Г.А. Новые сведения об Усойском завале и Сарезском озере / Г.А. Шпилько. – Известия Туркестанского отдела императорского русского географического общества. Ташкент, 1915. – Т. XI, вып. 2, ч. 2. – С. 60–62.
10. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-геологических данных в сейсмическом районировании. В сб. Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С 95–111.
11. Шебалин, Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР / Н.В. Шебалин. – М.: Наука, 1974. – 54 с.
12. Ишук, Н.Р. Еще раз о проблемах озера Сарез // Материалы международной конференции «Опыт изучения оползней и обвалов на территории Таджикистана и методы инженерной защиты» / Н.Р. Ишук, А.Р. Ишук. – Душанбе, 2002. – С. 20–25.
13. Негматуллаев С.Х. ,Ишук Н.Р. Озеро Сарез : подведение итогов исследований / С.Х. Негматуллаев, Н.Р. Ишук // ГеоРиск, 2011. – № 4. – С. 4–10.
14. Palmieri, A. Lake Sarez: from the Dragon of Pamir to a development opportunity / A. Palmieri, G. Pulatova , S. Negmatullaev, K. Maskaev // The International Journal on Hydropower&DAMS, 2016. – Vol. 23, Is. 6. – P. 1–5.

2015 ЖЫЛҒЫ 7 ЖЕЛТОҚСАНДАҒЫ САРЕЗ ЖЕРСІЛКІНУІ

¹⁾ Негматуллаев С.Х., ²⁾ Джураев Р.У., ¹⁾ Улубиева Т.Р.

¹⁾ *Тәжікстан Республикасы ғылым академиясының Геофизикалық қызметі, Душанбе*

²⁾ *Тәжікстан Республикасы ғылым академиясының геология, сейсмоберікті құрылыс және сейсмология Институты, Душанбе*

2015 жылғы 7 желтоқсандағы Сarez жерсілкінудің, ол жер бетінде біліну ерекшеліктерінің, геологиялық құрылымдарына тұтасталудың және изосейстер картасының сипаттамасы келтірілген. 1911 ж. 18 ақпандағы жерсілкінумен салыстырма талдауы берілген және 2015 ж. сценарийі бойынша Сarez көлі ауданында тереңдегі ықтимал жерсілкіну туралы қорытынды жасалған.

SAREZSKOYE EARTHQUAKE OF DECEMBER 7, 2015

¹⁾ S.Kh.Negmatullayev, ²⁾ R.U. Dzhurayev, ¹⁾ T.R. Ulubiyeva

¹⁾ *Geophysical service of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe*

²⁾ *Institute of Geology, Anti-seismic Construction and Seismology of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe*

Description of Sarezskoye earthquake of December 7, 2015, features of its manifestation on the surface, confinement to the geological structures and isoseist maps have been presented. A comparative analysis with the earthquake of February 18, 1911, have been presented and there is a conclusion on a possible deep earthquake in the vicinity of Sarez lake according to 2015 scenario.