

## ТАДЖИКИСТАН

Т.Р. Улубиева<sup>1</sup>, Р.С. Михайлова<sup>2</sup>, Л.И. Рислинг<sup>1</sup><sup>1</sup>Геофизическая служба АН Республики Таджикистан, г. Душанбе, tanya\_55\_08@mail.ru<sup>2</sup>ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, gm-gs@mail.ru

**Аннотация.** В 2014 г. в Таджикистане продолжала работать система сейсмического мониторинга, восстановленная с участием правительства Швейцарии. Семь цифровых станций Trident+Trillium-40 обеспечивают регистрацию событий на территории Республики с очагами в районах действующих, строящихся и проектируемых гидротехнических сооружений и на сотни километров за ее пределами. Этой сетью зарегистрировано 5306 землетрясений с  $K_r=8.6-14.5$ , из них 4308 глубокофокусных Памиро-Гиндукушских землетрясений с глубиной 70–270 км и 998 мелкофокусных событий, очаги которых рассредоточены по всей территории. Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в очагах всех землетрясений, составила  $\Sigma E \sim 6.6 \cdot 10^{14}$  Дж. Непосредственно в границах Республики наиболее сильным явилось землетрясение 13 сентября с  $K_r=13.3$ , локализованное в южных отрогах Рушанского хребта на окончании системы сдвоенных Каракульско-Сарезских разломов, разделяющих Памир на Западный и Восточный. Оно ощущалось с интенсивностью  $I_i=4-5$  баллов в Хороге и Рошткале, 4 балла – в Рушане и на оз. Сарез. Сотрясения в 4–5 баллов от землетрясения 1 ноября с  $K_r=12.1$  отмечены также в Рогуне, на площадке строящейся Рогунской ГЭС. Среди глубоких максимальное землетрясение ( $K_r=14.5$ ,  $M_w=5.4$ ,  $h=200$  км) возникло 14 июня в Афганской подзоне. Из-за большой глубины площадь его оскутмости в границах 3-балльных сотрясений составила 220 тыс. км<sup>2</sup> на территории Таджикистана, Афганистана, Пакистана и Кыргызстана. Однако в целом сейсмический процесс в Республике протекал в фоновом режиме.

**Ключевые слова:** цифровые станции, выделенная сейсмическая энергия, механизм очага, интенсивность сотрясений.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.09

**Для цитирования:** Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 102–112. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.09

**Система наблюдений.** Как и в 2013 г. [1], в 2014 г. Геофизической службой АН Республики Таджикистан проводились непрерывные сейсмологические наблюдения на территории, включающей Республику Таджикистан и прилегающие к ней участки Узбекистана, Кыргызстана, Китая, Афганистана и Пакистана. Регистрация землетрясений осуществлялась семью цифровыми широкополосными сейсмическими станциями Trident+Trillium-40: «Гарм», «Шаартуз», «Гезан», «Игрон», «Чуян-Гарон», «Манем» и «Чорух-Дайрон» (рис. 1). Сеть цифровых станций в Таджикистане создавалась под руководством академика С.Х. Негматуллаева за период с 2005 г. по 2008 г. [2]. Работа выполнена НПО «RMP International» при поддержке Швейцарского агентства по развитию и сотрудничеству и при содействии фирмы «Нанометрикс» Канады в рамках проекта по возрождению сети сейсмических наблюдений в Таджикистане.

Для пяти станций («Гарм», «Шаартуз», «Гезан», «Игрон», «Чуян-Гарон») замена аналоговой аппаратуры на цифровую произведена без изменения их местоположения, для двух – «Манем» и «Чорух-Дайрон», расположенных на крайнем юге и крайнем севере, – выбраны новые населенные пункты вместо прежних в гг. Хорог и Ленинабад [3]. Напомним: аналоговая станция «Хорог» ( $\varphi=37.48^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=71.56^\circ\text{E}$ ) проработала почти 43 г., с 04.01.1951 г. по 31.07.1994 г., а цифровая станция «Манем» с координатами  $37.53^\circ\text{N}$ ,  $71.60^\circ\text{E}$ , расположенная в 9.7 км северо-восточнее г. Хорог, работает с 18.10.2008 г. Аналоговая станция «Ленинабад» ( $\varphi=40.28^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=69.62^\circ\text{E}$ ) работала 22 года, с 09.02.1983 г. по 31.12.2002 г., а станция «Чорух-Дайрон», расположенная в 12.3 км северо-восточнее г. Ленинабада, работает с 18.10.2008 г. Параметры всех станций даны в Приложении [4] к настоящему ежегоднику.

Станция «Душанбе», работавшая как аналоговая с момента ее открытия 3 апреля 1940 г., хотя на некоторое время, с 24.10.2005 г. по 16.08.2007 г., здесь параллельно был установлен цифровой комплект Trident+Trillium-40, перенесенный с 05.11.2007 г. на станцию «Чуян-Гарон», с 2012 г. из-за дефицита фотобумаги является лишь центром сбора и обработки данных с цифровых станций ГС Таджикистана.

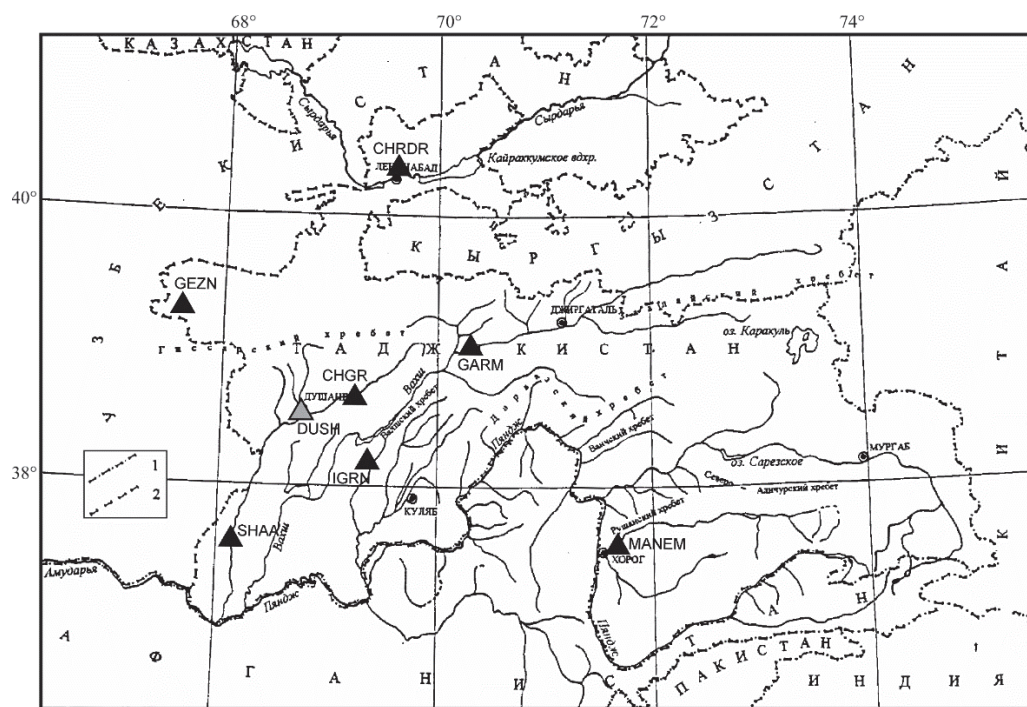


Рис. 1. Центр сбора и обработки данных с цифровых станций ГС «Душанбе» и семь цифровых широкополосных сейсмических станций на территории Таджикистана в 2014 г.

1 – южная граница СНГ и Афганистана, Пакистана, Индии; 2 – границы республик; коды и названия станций: CHRD – «Чорух-Дайрон»; GEZN – «Гезан»; GARM – «Гарм»; CHGR – «Чуян-Гарон»; DUSH – «Душанбе»; IGRN – «Игрон»; SHAA – «Шартуз»; MANEM – «Манем».

**Методика наблюдений.** Методика «обработки» цифровых записей землетрясений осталась прежней [1]. Вся цифровая сейсмическая система работает в режиме TDMA – множественный доступ с временным разделением, т.е. каждая станция вещает в строго определенный промежуток времени. Связь удаленных станций с центральной станцией в г. Душанбе происходит с помощью спутника «Intelsat». Передача информации проводится непрерывно в масштабе реального времени. Для обработки и анализа сейсмических данных используется следующее программное обеспечение: CoreEarthworm – программа для автоматической обработки землетрясений, включающая в себя программу HypoInverse, где собраны годографы и геологические характеристики региона; Ogasle – база данных для хранения сейсмической информации и программа для обработки сейсмической информации вручную.

Классификация землетрясений в земной коре, с  $h < 69$  км, проводится традиционно по энергетическим классам  $K_p$  по номограмме Т.Г. Раутиан [5, 6] с использованием эпицентральных расстояний  $\Delta$ , а на глубинах  $h \geq 70$  км – гипоцентральных расстояний  $r$  [7].

**Каталог землетрясений Таджикистана.** В результате сводной обработки составлен каталог землетрясений Таджикистана и прилегающих к нему районов за 2014 г. [8]. Как и ранее [9], в ред. в него добавлены значения разных магнитуд по поверхностным ( $M_S$ ,  $M_s$ ), объемным ( $M_{PSP}$ ,  $m_b$ ) волнам и моментная ( $M_w$ ) магнитуда вместе с сейсмическим моментом  $M_0$  из бюллетеней MOS [10] и ISC [11]. Кроме того, в каталог добавлено значительное число макросейсмических данных из четырех источников – каталога землетрясений Центральной Азии [12], Копетдага [13], сейсмологического бюллетеня ГС РАН [10] и USGS [14]. В итоге сведения об осутимости собраны для 33 землетрясений. Все макросейсмические данные расписаны по конкретным населенным пунктам в специальном приложении [15]. Общее число сотрясенных населенных пунктов в 2014 г. составило 53 [16]. В каталоге механизмов очагов для 35 землетрясений Таджикистана [17] региональных решений нет. Все они заимствованы из других источников.

Итоговый каталог [8] Таджикистана содержит 5306 землетрясений в диапазоне  $K_p = 8.6 - 14.6$ , из них 4308 – глубокофокусные Памиро-Гиндукушские землетрясения с  $h \geq 70$  км и 998 – события с  $h < 70$  км, эпицентры которых разбросаны по всей территории. Карта эпицентров землетрясений дана на рис. 2.

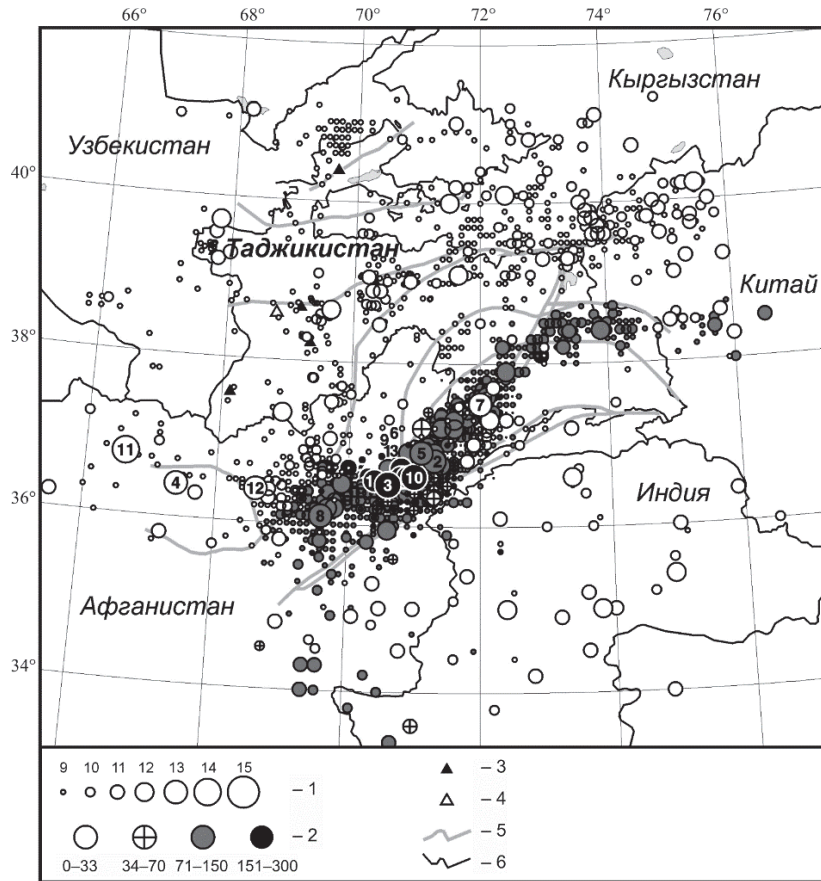


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Таджикистана и прилегающих территорий за 2014 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ , пронумерованы землетрясения с  $K_p \geq 12.6$ ; 2 – глубина  $h$  гипоцентра, км; 3, 4 – сейсмическая станция, цифровая и центр сбора и обработки данных с цифровых станций ГС соответственно; 5 – глубинный разлом I-го порядка; 6 – государственная граница.

Минимальная глубина гипоцентра  $h=3$  км присвоена 14 землетрясениям с  $K_p=9-10$ , а максимальная –  $h=270$  км – восьми землетрясениям такой же энергии, локализованным в мантии, в пределах Афганской подзоны глубоких очагов. Суммарная энергия всех землетрясений, выделившаяся в их очагах, равна  $\Sigma E=6.60 \cdot 10^{14}$  Дж вместо  $\Sigma E=1.46 \cdot 10^{15}$  Дж в 2013 г. [1]. В первой графе каталога [8] и на карте эпицентров пронумерованы 13 сильных землетрясений с  $K_p \geq 12.6$ . Как видно, непосредственно на территории республики отмечено только землетрясение № 7 с  $K_p=13.0$  ( $37.50^\circ N, 72.00^\circ E$ ), в 40 км восточнее Хорога. Все остальные события с  $K_p \geq 12.6$  локализованы вне южных границ Таджикистана (рис. 2).

**Статистика землетрясений и сейсмичность.** В целом границы исследуемой территории и схема сейсмоактивных зон Таджикистана (рис. 3) не изменились по сравнению с установленными в 1995 г. (в пределах координат  $36-40^\circ N, 67-75^\circ E$  и  $40-41^\circ N, 69-71^\circ E$ ) [18], хотя обработка землетрясений проводилась и вне указанных границ.

Распределение всех землетрясений 2014 г. по крупным сейсмоактивным зонам представлено в табл. 1.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по крупным зонам I–IV за 2014 г.

№	Зона	$K_p$							$N_\Sigma$	$\Sigma E,$ Дж
		9	10	11	12	13	14	15		
I	Юго-Западный Тянь-Шань	85	11	5		–		–	101	$8.486 \cdot 10^{11}$
		(109)	(10)	(6)	(3)		(1)		(129)	$(1.04 \cdot 10^{14})$
II	Южный Тянь-Шань	237	49	23	6	–	–		315	$9.049 \cdot 10^{12}$
		(342)	(72)	(30)	(8)			(1)	(453)	$(1.01 \cdot 10^{15})$

№	Зона	$K_p$							$N_{\Sigma}$	$\Sigma E, Дж$
		9	10	11	12	13	14	15		
III	Памиро-Гиндукуш (коровые)	421 (385)	107 (110)	44 (39)	6 (10)	3 (6)	1 (0)	–	582 (550)	$1.415 \cdot 10^{14}$ $(6.15 \cdot 10^{13})$
IV	Памиро-Гиндукуш (глубокие)	3442 (3045)	740 (683)	77 (71)	40 (54)	7 (11)	2 (1)	–	4308 (3865)	$3.285 \cdot 10^{14}$ $(1.17 \cdot 10^{14})$
	Всего	4185 (3881)	907 (875)	149 (146)	52 (75)	10 (17)	3 (2)	(1)	5306 (4997)	$6.596 \cdot 10^{14}$ $(1.46 \cdot 10^{15})$

Примечание. В скобках приведены данные за 2013 г. [1].

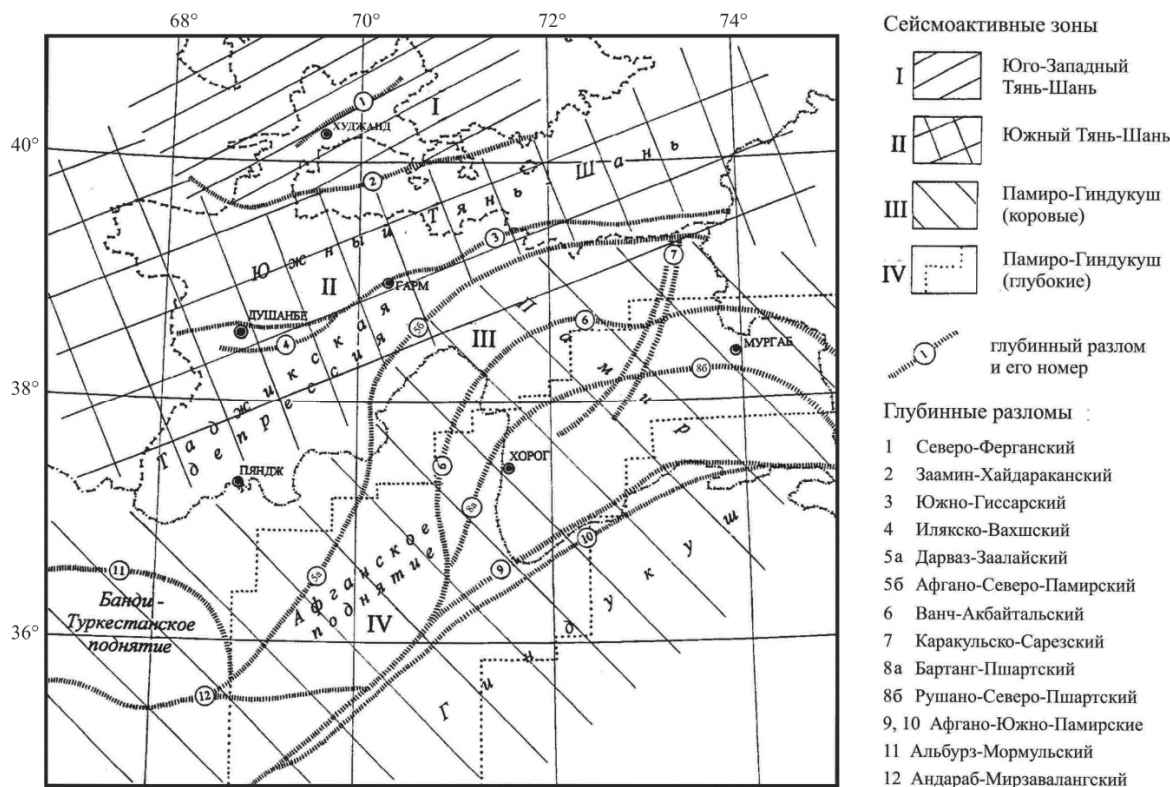


Рис. 3. Сейсмоактивные зоны Таджикистана I–IV (глубинные разломы даны по [19])

По сравнению со статистикой 2013 г. [1], в 2014 г. произошло уменьшение числа землетрясений в зоне I и II (101 и 315 вместо 129 и 453) и его увеличение в зонах III и IV (582 и 4308 вместо 550 и 3865). Рассмотрим детально сейсмичность в каждой из четырех зон.

**Юго-Западный Тянь-Шань (I).** На территории зоны (рис. 3) сейсмическая активность несколько снизилась по числу землетрясений, но значительно – по энергии. Здесь в 2014 г. отмечены толчки лишь с  $K_p=9-11$ , поэтому их суммарная энергия составила  $8.486 \cdot 10^{11} Дж$  вместо  $1.04 \cdot 10^{14} Дж$  в 2013 г., т.е. ниже более чем на два порядка. Все пять мелких ( $h=10 км$ ) толчков одиннадцатого класса, произошедшие 30 января с  $K_p=10.6$ , 19 марта с  $K_p=11.2$ , 23 июня с  $K_p=11.4$ , 7 августа с  $K_p=11.0$  и 23 августа с  $K_p=11.0$  [8], отмечены севернее границ Таджикистана (рис. 2). От последнего из них зафиксирован макросейсмический эффект с  $I_i=2-3$  балла [15] в г. Шардар Южно-Казахстанской области [16]. Для двух землетрясений известен механизм очага (рис. 4).

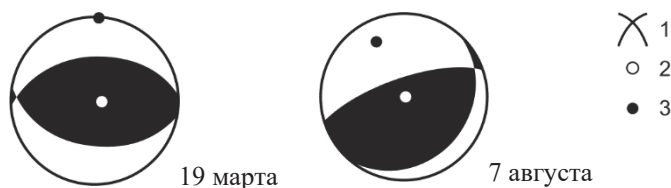


Рис. 4. Диаграммы механизмов очагов землетрясений 19 марта и 7 августа 2014 г. в зоне I

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

В очаге землетрясения 19 марта сжимающие напряжения были горизонтальны ( $PL_p=0^\circ$ ) и ориентированы на север, а растягивающие – субвертикальны (угол  $PL_T=83^\circ$ ). Тип подвижки в очаге – практически чистый взброс по субширотной плоскости. В очаге землетрясения 7 августа преобладали напряжения сжатия северо-западной ориентации. Преимущественное движение можно охарактеризовать как взброс по крутой ( $73^\circ$ ) плоскости  $NP2$  юго-западного простирания или надвиг по пологой ( $20^\circ$ ) плоскости  $NP1$  северо-восточного простирания, с незначительными компонентами левостороннего сдвига по плоскости  $NP1$  и правостороннего – по  $NP2$ .

**Южный Тянь-Шань (II).** На территории зоны II (рис. 3) максимальный энергетический класс землетрясений –  $K_p=12$ , что на три порядка ниже, чем в 2013 г. (табл. 1). Всего зарегистрировано шесть таких событий: 16 января с  $K_p=12.0$  на глубине 10 км в районе г. Пяндж, на южной границе Республики (рис. 2); 20 июня с  $K_p=11.6$ ,  $h=20$  км – в Китае; 2 сентября с  $K_p=12.0$ ,  $h=10$  км – в Киргизии; 1 октября с  $K_p=12.1$ ,  $h=10$  км – в Душанбино-Вахшском районе; 30 октября с  $K_p=11.8$ ,  $h=10$  км – на границе с Узбекистаном; 31 октября с  $K_p=11.6$ ,  $h=10$  км – на границе с Киргизией [8]. Первое из них, самое южное, вызвало сотрясения с интенсивностью  $I_i=4$  балла в г. Пяндже (18 км) и 2 балла – в Душанбе (136 км) [15]. Очаги четырех землетрясений вблизи 40-й параллели (20 июня, 2 сентября, 30 и 31 октября) частично находятся в зоне влияния Заамин-Хайдараканского разлома I порядка (рис. 3). Для трех из них найдены решения механизмов очагов (рис. 5).

Все они возникли в условиях преобладания напряжений сжатия близкой ориентации ( $AZM=313^\circ, 351^\circ, 352^\circ$ ), но движения в очагах различны: взбросо-сдвиг в очаге 20 июня, сдвиг – для землетрясения 2 сентября и взброс или надвиг – для события 31 октября. Общим признаком во всех трех очагах исследуемой близширотной полосы эпицентров является сходство в простирании нодальных плоскостей  $NP2$  – запад–юго-западное в очаге 20 июня ( $251^\circ$ ) и 31 октября ( $254^\circ$ ), или юго-западное – в очаге 2 сентября ( $217^\circ$ ).

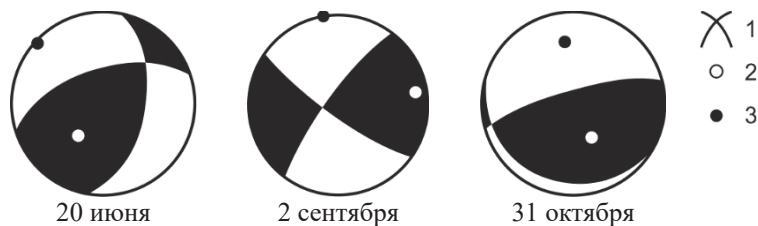


Рис. 5. Диаграммы механизмов очагов землетрясений 20 июня, 2 сентября и 31 октября в зоне II

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

На территории Душанбино-Вахшского района Республики (ДВР) максимальный энергетический класс составил  $K_p=12.1$  [8]. Землетрясение такого класса отмечено 1 октября в  $16^h49^m$  в 10 км к юго-западу от строящейся Рогунской ГЭС. Оно ощущалось в Рогуне (10 км) и Оби-Гарме (11 км) с  $I_i=4-5$  баллов, в г. Душанбе (76 км) – 2–3 балла [15]. Через 3 минуты (в  $16^h52^m$  [8]) здесь зарегистрирован афтершок с  $K_p=10.3$ , т.е. энергетическая ступень с главным толчком составила  $\Delta K_a=1.8$ . Кроме него, согласно списку афтершоков [20], до конца года здесь зарегистрировано еще 22 повторных толчка с  $K_p=6-9$  (табл. 2).

Таблица 2. Распределение по энергетическим классам числа афтершоков землетрясения 1 октября в  $16^h49^m$  с  $K_p=12.1$

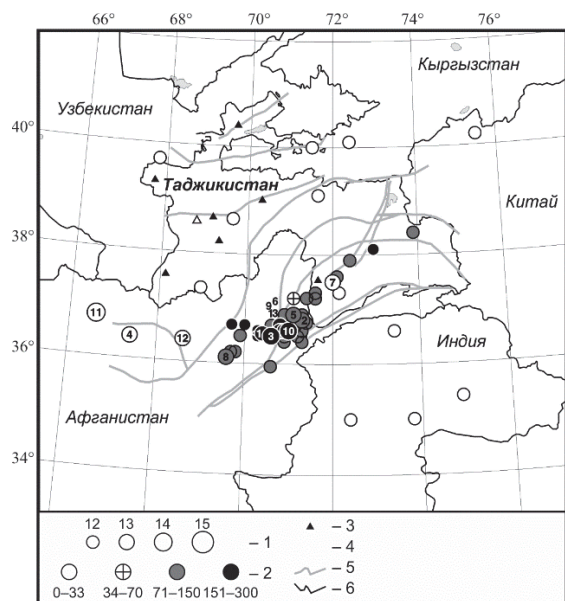
$K_p$	6	7	8	9	10	Всего
$N(K)$	4	14	3	1	1	23

В 2014 г. продолжили регистрироваться афтершоки шестибалльного Вахдатского землетрясения 10.11.2013 г. [21] с  $K_p=12.4$ , очаг которого локализован в 25 км от столицы Душанбе. Согласно [22], дополнительное число афтершоков с января по декабрь 2014 г. составило 113, с  $K_p=6-8$ .

Из семи землетрясений 11-го энергетического класса зоны II ощущались три толчка. Все они произошли в Гармском районе Таджикистана и отмечены 19 января с  $K_p=10.8$ , 13 сентября

с  $K_p=11.3$  и 1 октября с  $K_p=11.5$  [8]. Они проявились на расстояниях 13 км с  $I_i=3-4$  балла, 45 км – 3 балла, 17 км – 4–5 баллов соответственно. Последний из них ощущался с  $I_i=4-5$  баллов в Дарбанде (15 км) и 4 балла – в Тавиль-Даре (27 км) [15].

**Памиро-Гиндукуш** в целом включает Банди-Туркестанское и Афганское поднятия, Гиндукуш и Памир. Его верхней границей до 70-го меридиана служит южная граница Таджикистана, а далее – линия Афгано-Северо-Памирского глубинного разлома (№ 5 б на рис. 3), вплоть до границы с Китаем; нижняя граница соответствует 35-й параллели. Именно в пределах этих границ зарегистрированы в 2014 г. все 13 сильных землетрясений с  $K_p \geq 12.6$ , пронумерованных в первой графе каталога [8]. Карта их эпицентров на рис. 6 дополнена эпицентрами толчков на порядок меньшей энергии, описанными выше.



**Рис. 6.** Карта эпицентров сильных землетрясений Таджикистана с  $K_p \geq 11.6$  за 2014 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – глубина гипоцентра  $h$ , км; 3, 4 – цифровая станция и центр сбора и обработки данных с цифровых станций ГС соответственно; 5 – глубинный разлом I-го порядка; 6 – государственная граница.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – глубина гипоцентра  $h$ , км; 3, 4 – цифровая станция и центр сбора и обработки данных с цифровых станций ГС соответственно; 5 – глубинный разлом I-го порядка; 6 – государственная граница.

реализовались еще два значительных толчка – № 4 и № 12 (рис. 2, 6), произошедших 13 июля в 16<sup>h</sup>23<sup>m</sup> с  $h_{p}=33$  км,  $K_p=13.2$  Ms и 30 ноября в 21<sup>h</sup>02<sup>m</sup> с  $h=10$  км,  $K_p=12.6$ ,  $M_s=3.7$  [8]. Первое из них, достаточно глубокое, ощущалось на значительных расстояниях. На юге Таджикистана оно вызвало сотрясения с интенсивностью 4–5 баллов в г. Шаартуз (116 км) и 3–4 балла в г. Курган-Тюбе (201 км), а в центральных и восточных частях – 2 балла (в Турсунзаде (Регаре) – 246 км, Душанбе, Кулябе – 270 км, Шуроабаде – 286 км) [15]. Согласно рис. 7, в его очаге по обеим кругым ( $DP=74^\circ$  и  $69^\circ$ ) нодальным плоскостям произошли подвижки типа сдвиг, осложненные незначительными компонентами взброса.



**Рис. 7.** Диаграммы механизмов землетрясений Памиро-Гиндукуша в зоне III

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

Одним из наиболее сильных, возникших непосредственно на территории республики, явилось землетрясение 13 сентября на глубине 10 км с  $K_p=13.3$  (№ 7 на рис. 2, 6) с очагом, локализованным в южных отрогах Рушанского хребта, на окончании системы сдвоенных Каракульско-Сарезских разломов (№ 7 на рис. 3), разделяющих Памир на Западный и Восточный. Оно ощущалось с интенсивностью  $I_i=4-5$  баллов в с. Рошткала (30 км) и г. Хорог (9 км), 4 балла – в Рушане (62 км) и 3–4 балла – на оз. Сарез [15]. За неделю до этого события, 6 сентября, здесь отмечен ощутимый форшок с  $K_p=12.3$ , проявившийся с  $I_i=3-4$  балла в Хороге (57 км) и 3 балла – на оз. Сарез. После него зарегистрированы афтершоки, число которых на уровне каталога, т.е. с  $K_p \geq 8.6$ , составило  $N_{\text{афт}}=45$ . Серия по времени – короткая, по 23 сентября. Из диаграммы на рис. 8 для землетрясения 13 сентября следует, что тип движений в очаге землетрясения соответствует сдвигу с незначительными компонентами сброса. Подвижки в очаге могли происходить по двум крутым ( $DP_1=80^\circ$ ,  $DP_2=77^\circ$ ) нодальным плоскостям:  $NP1$  – с простиранием на северо-восток ( $STK=40^\circ$ ) и  $NP2$  – с простиранием – на юго-восток ( $STK=132^\circ$ ).

**Памиро-Гиндукуш (глубокие) (IV).** Это основная зона и по числу землетрясений с  $N_\Sigma=4308$ , или 80 % каталога, и по суммарной энергии с  $\Sigma E=3.285 \cdot 10^{14}$  Дж, или 68 % годовой энергии всех 5306 землетрясений. Основная часть глубокофокусных землетрясений располагалась на территории Афганистана. Традиционно вся область глубокофокусных землетрясений подразделяется по плотности гипоцентров на три подзоны: Афганскую ( $\varphi \leq 36.9^\circ N$ ), Хорогскую ( $\varphi=37.0-37.9^\circ N$ ) и Мургабскую ( $\varphi=38.0-38.8^\circ N$ ). Распределение землетрясений разных энергетических классов по трем подзонам дано в табл. 3.

**Таблица 3.** Распределение глубоких землетрясений по энергетическим классам в пределах Афганской, Хорогской и Мургабской подзон в 2014 г.

Подзона	$K_p$						$N_\Sigma$	$\Sigma E, \text{Дж}$
	9	10	11	12	13	14		
Афганская	2260 (1944)	496 (455)	47 (51)	31 (40)	7 (11)	2 (1)	2843 (2502)	$3.129 \cdot 10^{14}$
Хорогская	1070 (991)	211 (217)	27 (17)	7 (11)	– (–)	– (–)	1315 (1236)	$1.288 \cdot 10^{13}$
Мургабская	112 (110)	33 (11)	3 (3)	2 (3)	– (–)	– (–)	150 (127)	$2.740 \cdot 10^{12}$
Всего	3444 (3045)	740 (683)	77 (71)	40 (54)	7 (11)	2 (1)	4308 (3865)	$6.596 \cdot 10^{14}$

Примечание. В скобках для сравнения представлено количество землетрясений в 2013 г. [1].

В Мургабской подзоне из 150 толчков (табл. 3) зарегистрировано всего два с  $K_p > 12$  на максимальных в подзоне глубинах 160 и 150 км – 18 ноября в  $00^h37^m$  с  $K_p=12.5$  и 31 декабря в  $19^h04^m$  с  $K_p=12.1$  [8].

В Хорогской подзоне таких толчков семь: 18 марта с  $K_p=11.8$ ,  $h=140$  км; 28 марта с  $K_p=12.2$ ,  $h=70$  км; 11 июля с  $K_p=11.8$ ,  $h=110$  км; 7 сентября с  $K_p=11.8$ ,  $h=120$  км; 5 декабря в  $13^h20^m$  с  $K_p=11.6$ ,  $h=150$  км и в  $16^h12^m$  с  $K_p=12.4$ ,  $h=140$  км; 31 декабря с  $K_p=12.1$ ,  $h=140$  км [8]. Глубина этих толчков не превышает 150 км. Самый мелкий (70 км) из них, 28 марта, был ощутим в Хороге (51 км) с  $I_i=2-3$  балла, в Душанбе (253 км) – 2 балла [15]. Для него есть решение механизма очага [17], согласно которому сжимающие напряжения, ориентированные на юг ( $170^\circ$ ), близгоризонтальны (угол с горизонтом  $PL_p=7^\circ$ ), а растягивающие – близвертикальны (угол  $PL_T=71^\circ$ ). Движение в очаге соответствует взбросу с небольшими компонентами сдвига.

В Афганской подзоне Гиндукуша максимальный класс землетрясений  $K_p=14$  (№ 3 и № 10 на рис. 6). Землетрясения такой величины зарегистрированы на территории Афганистана 14 июня в  $03^h58^m$  с  $K_p=14.5$ ,  $M_w=5.6$ ,  $h=200$  км (№ 3) и 21 ноября в  $08^h54^m$  с  $K_p=13.6$ ,  $M_w=5.2$ ,  $h=240$  км. По республиканским данным [8], для землетрясения 14 июня приведена балльность  $I_i=4$  балла лишь для столицы Республики Душанбе (276 км). Но в [17] собраны сведения еще и о 3-балльных сотрясениях как по территории *Таджикистана* (Хорог с  $\Delta=139$  км, Бошкенгаш – 270 км), так и на территории соседних государств – в *Пакистане* (Читрал – 130 км), в *Афганистане* (Махмудраки – 200 км, Чарикар – 209 км, Джалалабад – 232 км, Карабаг – 226 км, Баграми – 253 км, Кабул – 255 км), а также о 2-балльных в *Кыргызстане* (Бишкек – 785 км), так что площадь осязаемости для этого землетрясения огромна и составляет  $S_{\text{ощ}} \sim 220 \cdot 10^3 \text{ км}^2$ . Поэтому нередко после очень сильных глубоких землетрясений, «потрясших» громадные территории, происходит значительное и длительное изменение «сейсмического климата» во всей Средней Азии.

Из рис. 8 следует, что в очаге землетрясения 14 июня по крутой ( $DP_1=72^\circ$ ) плоскости  $NP1$  юго-восточного ( $STK_1=125^\circ$ ) простирания произошел взброс с незначительными компонентами правостороннего сдвига, или надвиг по пологой ( $DP_2=19^\circ$ ) плоскости  $NP2$  запад–северо-западного ( $STK_2=288^\circ$ ) простирания.

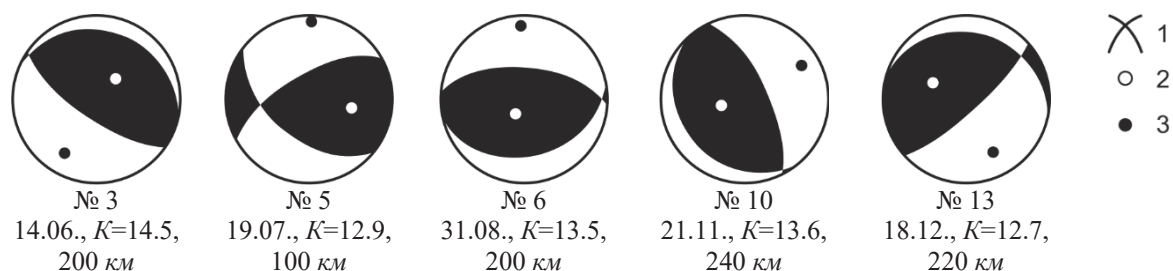


Рис. 8. Диаграммы механизмов очагов глубоких землетрясений Памиро-Гиндукуша (зона IV)

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

Второй толчок 14-го класса, 21 ноября в  $08^h54^m$  (№ 10), имел энергию почти на порядок меньше,  $K_p=13.6$ , и большую глубину очага  $h=240$  км. Поэтому он ощущался лишь в столицах Таджикистана (Душанбе – 2–3 балла, 291 км) и Афганистана (Кабул – 2 балла, 284 км) [15]. Механизмы очагов этих двух толчков удивительно подобны по простиранию плоскостей разрыва (северо-запад–юго-восток), по наклонам плоскостей, как более крутых ( $72^\circ$  и  $68^\circ$ ), так и пологих ( $19^\circ$  и  $23^\circ$ ), и по типу подвижек по ним (взброс по крутой плоскости или надвиг по пологой), однако сходные по наклону плоскости падают в противоположные стороны (рис. 8).

Кроме названных событий 14-го энергетического класса, в Афганской подзоне произошло еще семь толчков 13-го класса. Четыре из них (№№ 2, 5, 6, 8 на рис. 2, 6) ощущались на территории Таджикистана с интенсивностью от 2 до 3–4 баллов, а именно: № 2 за 4 февраля – с  $I_t=2$  балла в Душанбе (294 км); № 5 за 19 июля – с  $I_t=3$ –4 балла в Хороге (75 км), 3 балла в Ванче (155 км), 2–3 балла в Гарме (242 км), 2 балла в Душанбе (275 км); № 6 за 31 августа – с  $I_t=3$  балла в Хороге (107 км), 2–3 балла в Душанбе (272 км), 2 балла в Бошкенгаши (264 км); № 8 за 27 сентября – с  $I_t=2$  балла в Хороге (233 км). Пункты вне Таджикистана (в Афганистане, Пакистане и Узбекистане), добавленные *ред.*, даны в Приложении [15].

Для трех толчков (№№ 5, 6, 13 на рис. 2, 6) в каталоге [17] собраны решения механизмов их очагов по данным разных агентств – GCMT, NEIC, ISC, но рассмотрим только GCMT, полученные для модели двойной пары сил по методу тензора момента центра (рис. 8).

Землетрясение № 5 19 июля возникло на глубине 100 км в условиях близгоризонтальных ( $PL_p=9^\circ$ ) напряжений сжатия, ориентированных на север ( $AZM=2^\circ$ ), и наклонных напряжений растяжения ( $PL_t=47^\circ$ ), ориентированных на восток–юго-восток ( $AZM=102^\circ$ ). В результате по обеим нодальным плоскостям произошел взброс с заметным сдвигом, правосторонним по плоскости  $NP1$  юго-восточного простирания с падением на юго-запад и левосторонним по  $NP2$  юго-западного простирания с падением на северо-запад.

В очаге № 6 31 августа с  $h=200$  км преобладали напряжения сжатия, ориентированные на север. Обе нодальные плоскости имели субширотное простирание, по крутой плоскости, падающей на север, произошел взброс, по пологой с падением на юг – надвиг.

Очаг землетрясения № 13 18 декабря расположен на глубине 220 км в условиях преобладания напряжений сжатия ( $PL_p=31^\circ < PL_t=53^\circ$ ), ориентированных на юго-восток ( $AZM=153^\circ$ ). В результате по крутой ( $78^\circ$ ) плоскости  $NP1$  северо-восточного простирания произошел взброс с минимальным левосторонним сдвигом, а по пологой ( $21^\circ$ ) плоскости  $NP2$  близширотного простирания – правосторонний сдвиг, осложненный компонентами надвига.

**Заключение.** Сейсмический процесс в Таджикистане и прилегающих к нему территориях протекал в 2014 г. спокойно, без серьезных сотрясений. Непосредственно внутри государственных границ самым значимым по энергии, с  $K_p=13.3$ , явилось мелкое ( $h=10$  км) землетрясение 13 сентября на Восточном Памире, в южных отрогах Рушанского хребта, вызвавшее сотрясения с  $I_t=4$ –5 баллов в Рошткале и Хороге. Оно предварялось довольно сильным форшоком с  $K_p=12.3$ ,



ощутимым с  $I_i=3-4$  балла в Хороге, и сопровождалось серией из 45 афтершоков с  $K_p \geq 8.6$ . Необычным для Таджикистана вообще и Памира в частности явились компоненты сброса при сдвиговых подвижках в его очаге.

В Душанбино-Вахшском районе Республики следует отметить землетрясение 1 октября в  $16^{\text{h}}49^{\text{m}}$  с  $K_p=12.1$  в 10 км от строящейся Рогунской ГЭС, ощутимое с  $I_i=4-5$  баллов в Рогуне и Оби-Гарме. Оно сопровождалось серией из 22 афтершоков с  $K_p=6-9$ . Такая же интенсивность сотрясений отмечена в тот же день в  $12^{\text{h}}53^{\text{m}}$  в Гармском районе от другого землетрясения, с  $K_p=11.5$ , в самом Гарме и Дарбанде.

Глубокие и сильные землетрясения, в силу удаленности и большой глубины, не опасны на территории Республики. Даже максимальное из них, 14 июня с  $K_p=14.5$ , вызвало в Душанбе сотрясения не выше 4 баллов. Подводя итоги, можно утверждать, что в целом в 2014 г. сейсмический процесс в Республике протекал в фоновом режиме.

### Л и т е р а т у р а

1. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 120–130.
2. Негматуллаев С.Х. Современная сеть сейсмического мониторинга Таджикистана // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 125–131.
3. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 128–141.
4. Улубиева Т.Р. Сейсмические станции Геофизической службы АН Республики Таджикистан в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
5. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
6. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. (Труды ИФЗ АН СССР; № 32 (199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
7. Каток А.П. Об использовании номограммы Раутиан для энергетической классификации глубоких Памиро-Гиндукушских землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т. II. – М.: ИФЗ АН СССР, 1974. – С. 139–143.
8. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Михайлова Р.С., Нилобекова З.М., Маматкулова З.С., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н., Артемова Е.В. Каталог землетрясений Таджикистана за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
9. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Михайлова Р.С., Нилобекова З.М., Маматкулова З.С., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н., Артемова Е.В. Каталог землетрясений Таджикистана за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
10. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), (2020) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2014](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2014)
11. International Seismological Centre (2020), On-line Bulletin, <https://doi.org/10.31905/D808B830>
12. Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р. Соколова Н.П., Бектурганова Б.Б., Кучкаров К.И. (отв. сост.); Молдобекова С., Першина Е.В., Афонина Л.Р., Неверова Н.П., Проскурина Л.П., Далбаева Ж., Досайбекова С.К., Проскурина А.В., Халикова М.А., Зоиров Ф.Ф. Каталог землетрясений Центральной Азии за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
13. Сарыева Г.Ч. (отв. сост.), Тачов Б., Халлаева А.Т., Дурасова И.А., Эсенова А., Петрова Н.В. Каталог землетрясений Копетдага за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
14. Global CMT Catalog (GCMT) [Web Site]. – URL: <http://www.globalcmt.org/>
15. Улубиева Т.Р., Рислинг Л.И., Нилобекова З.М. (отв. сост.), Артемова Е.В., Лукаш Н.А., Михайлова Р.С. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Таджикистана в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.

16. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Пойгина С.Г., Бахтиярова Г.М., Артемова Е.В., Лукаш Н.А. Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Таджикистана за 2014 г. // *Землетрясения Северной Евразии*. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
17. Лукаш Н.А. Каталог механизмов очагов землетрясений Таджикистана за 2014 г. // *Землетрясения Северной Евразии*. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
18. Саломов Н.Г., Улубиева Т.Р., Рислинг Л.И., Шакиржанова Г.Н., Джураев Р.У. Таджикистан за 1993–1995 гг. // *Землетрясения Северной Евразии в 1995 году*. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 49–58.
19. Ачилов Г.Ш., Бабаев А.М., Мирзоев К.М., Михайлова Р.С. Сейсмогенные зоны Памира // *Геология и геофизика Таджикистана*. – № 1. – Душанбе: Дониш, 1985. – С. 117–138.
20. Улубиева Т.Р. Афтершоки землетрясения 1 октября с  $K_p=12.1$  в Душанбино-Вахшском районе Таджикистана за 2014 год // *Землетрясения Северной Евразии*. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
21. Джураев Р.У. Вахдатское землетрясение 10 ноября 2013 г. с  $K_p=12.4$ ,  $M_S=4.7$ ,  $I_0=6$  (Таджикистан) // *Землетрясения Северной Евразии*. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 453–465.
22. Каталог землетрясений Душанбино-Вахшского района за 2014 год. – Душанбе: Фонды ГС АН РТ, 2015.

## TAJIKISTAN

**T.R. Ulubieva<sup>1</sup>, R.S. Mikhailova<sup>2</sup>, L.I. Risling<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Geophysical Survey of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,  
Dushanbe, Republic of Tajikistan, tanya\_55\_08@mail.ru*

<sup>2</sup>*Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia, rm-gs@mail.ru*

**Abstract.** In 2014, a seismic monitoring system, restored with the participation of the Swiss government, continued to operate in Tajikistan. Seven digital stations Trident+Trillium-40 devices, provide registration of events located in Tajikistan and hundreds of kilometers beyond. This network recorded 5306 earthquakes with  $K_p=8.6–14.5$ , of which 4308 are deep-focus Pamir-Hindu Kush earthquakes with  $h=70–270$  km and 998 are shallow, scattered throughout the territory. The total seismic energy released in the sources of all earthquakes amounted to  $\Sigma E \sim 6.6 \cdot 10^{14}$  J. Within the borders of the Republic, the most powerful earthquake (with  $K_p=13.3$ ) was on September 13. The earthquake located in the southern spurs of the Rushan Range at the end of the system of dual Karakul-Sarez faults dividing the Pamirs into Western and Eastern parts. It was felt with an intensity of  $I_i=4–5$  in Khorog and Roshtkal,  $I_i=4$  in Rushan and on the lake Sarez. Shocks with  $I_i=4–5$  from the November 1 earthquake with  $K_p=12.1$  were also felt in Rogun, at the site of Rogun hydropower plant under construction. The maximum deepest earthquake ( $K_p=14.5$ ,  $M_w=5.4$ ,  $h=200$  km) occurred on June 14 in the Afghan subzone. Due to the great depth, the area of its perceptibility  $I_i=3$  amounted to 220 thousand  $km^2$  in Tajikistan, Afghanistan, Pakistan and Kyrgyzstan. However, in general the seismic process in the Republic proceeded in the background.

**Key words:** digital stations, seismic energy, focal mechanism, shaking intensity.

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2020.23.09

**For citation:** Ulubieva, T.R., Mikhailova, R.S., & Risling, L.I. (2020). [Tajikistan]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 102–112. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.09

## References

1. Ulubieva, T.R., Mikhailova, R.S., & Risling, L.I. (2019). [Tajikistan]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), 120–130. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.10.
2. Negmatullaev, S.Kh. (2012). [Modern network of seismic monitoring of Tajikistan]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2006 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2006] (pp. 125–131). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
3. Ulubieva, T.R., Mikhailova, R.S., & Risling, L.I. (2014). [Tajikistan]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2008 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2008] (pp. 128–141). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
4. Ulubieva, T.R. (2020). [Seismic stations of the Geophysical Survey, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).

5. Rautian, T.G. (1960). [Energy of Earthquakes]. In *Metody detal'nogo izuchenija seismichnosti. Trudy IFZ AN SSSR № 9(176)* [Methods of Detailed Study of the Seismicity. Proceedings of the IFZ SA USSR № 9(176)] (pp. 75–114). Moscow, Russia: IFZ AN SSSR Publ. (In Russ.).
6. Rautian, T.G. (1964). [On the determination of the energy of earthquakes at distances up to 3000 km]. In *Eksperimental'naiia seismika. Trudy IFZ AN SSSR № 32(199)* [Experimental seismic. Proceedings of the IFZ SA USSR № 32(199)] (pp. 88–93). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
7. Katok, A.P. (1974). [Ob ispol'zovanii nomogrammy Rautian dlya energeticheskoi klassifikazii glubokikh zemletryaseniy]. In *Magnituda i energeticheskaiia klassifikaziya zemletriaseniy. II* [Magnitude and earthquake energy classification. II] (pp. 139–143). Moscow, Russia: IFZ AN SSSR Publ. (In Russ.).
8. Ulubieva, T.R., Risling, L.I., Mikhailova, R.S., Nilobekova, Z.M., Mamatkulova, Z.S., Dmitrieva, T.N., Kutuzova, A.P., Valiavskaiia, T.N., & Artemova, E.V. (2020). [Catalog of Tajikistan earthquakes for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
9. Ulubieva, T.R., Risling, L.I., Mikhailova, R.S., Nilobekova, Z.M., Mamatkulova, Z.S., Dmitrieva, T.N., Kutuzova, A.P., Valiavskaiia, T.N., & Artemova, E.V. (2019). [Catalog of Tajikistan earthquakes for 2013]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
10. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2014. (2020). Retrieved from [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2014](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2014)
11. International Seismological Centre (2020). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
12. Frolova, A.G., Berezina, A.V., Shukurova, R., Sokolova, N.P., Bekturganova, B.B., Kuchkarov, K.I., Moldobekova, C., Pershina, E.V., Afonina, L.R., Neverova, N.P., Proskurina, L.P., Dalebaeva, J., Dosai-bekova, S.K., Proskurina, A.V., Bekturganova, B.B., Holikova, M.A., & Zoirov, F.F. (2020). [Catalog of Central Asia earthquakes for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
13. Saryeva, G.CH., Tachov, B., Hallaeva, A.T., Durasova, I.A., Esenova, A., & Petrova, N.V. (2020). [Catalog of Kopetdag earthquakes for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
14. Global CMT Catalog (GCMT) (2020). Retrieved from <http://www.globalcmt.org/>
15. Ulubieva, T.R., Risling, L.I., Nilobekova, Z.M., Artemova, E.V., Lukash, N.A., & Mikhailova, R.S. [The macroseismic effect of tangible earthquakes in Tajikistan in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
16. Ulubieva, T.R., Poygina, S.G., Bakhtiarova, G.M., Artemova, E.V., & Lukash, N.A. (2020). [Information on the points for which there is an information about macroseismic manifestations of tangible earthquakes in Tajikistan for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
17. Lukash, N.A. (2020). [Catalog of focal mechanisms of Tajikistan earthquakes for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
18. Salomov, N.G., Ulubieva, T.R., Risling, L.I., Shakitzhanova, G.N., & Djuraev, R.U. (2001). [Tajikistan for 1993–1995]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 1995 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia in 1995] (pp. 49–58). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
19. Achilov, G.Sh., Babaev, A.M., Mirzoev, K.M., & Mikhailova, R.S. (1985). [Seismogenic zones of the Pamir]. *Geologiya i Geofizika Tadjikistana* [Geology and Geophysics of Tajikistan], 1, 117–138. (In Russ.).
20. Ulubieva, T.R. (2020). [Aftershocks of the earthquake on October 1, 2014 with  $K_p=12.1$  in Dushanbino-Vakhsh district of Tajikistan for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
21. Juraev, R.U. (2019). [Vahdat earthquake at November 10, 2013 with  $K_p=12.4$ ,  $M_S=4.7$ ,  $I_0=6$  (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), 453–465, (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.40.
22. *Katalog zemletriasenii Dushanbino-Vakhshskogo raiona za 2014 god* [Catalog of Dushanbino-Vakhsh earthquakes in 2014]. (2015). Dushanbe, Tajikistan: Funds of Geophysical Survey of the Republic of Tajikistan. (In Russ.).