

ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ:

УДК 550.348. (575.2+575.1+574)

СЕЙСМИЧНОСТЬ КЫРГЫЗСТАНА И УЗБЕКИСТАНА в 2016 и 2017 гг.

К.Е. Абдрахматов¹, А.Г. Фролова¹, А.В. Берёзина¹, Р. Шукурова¹,

Е.В. Першина¹, К.И. Кучкаров²

¹Институт сейсмологии НАН Кыргызской Республики, г. Бишкек, kis@mail.elcat.kg
²Республиканский центр Сейсмопрогностического мониторинга МЧС Республики Узбекистан,
г. Ташкент, geofizik_1987@mail.ru

Аннотация. В 2016 и 2017 гг. сейсмические наблюдения на территории Кыргызстана и Узбекистана проводились сетями сейсмических станций этих государств. Сеть Кыргызстана состояла из 25, Узбекистана – из 45 станций, из них в обработке событий каталога участвовало 39. Сводный каталог землетрясений за 2016 г. включил 705 событий с $K_p=8.6-15.4$. Максимальное землетрясение в каталоге с $K_p=15.4$ зарегистрировано 25 ноября в $14^{\text{h}}24^{\text{m}}$ по Гринвичу на территории соседнего Китая. Разрушительное для Китая, землетрясение вызвало панику и среди жителей приграничных населенных пунктов соседних стран. Вторым по величине ($K_p=15.1$) стало Кызыл-Артское землетрясение, произошедшее 26 июня в $11^{\text{h}}17^{\text{s}}$ на юге Кыргызстана. Эпицентр его находился на северном склоне Заалайского хребта. Кызыл-Артское землетрясение вызвало серию многочисленных афтершоков, продолжавшихся непрерывным потоком вплоть до Акетаоского события 25 ноября 2016 г., которое сопровождалось до конца года и далее уже «своими» повторными точками. В результате количество землетрясений, включенных в каталог за 2016 г., увеличилось в 2.3 раза по сравнению с таковым в 2015 году. Каталог землетрясений 2017 г. включил 265 событий с $K_p=8.6-14.5$, т.е. число землетрясений в регионе по сравнению с таковым за предыдущий год уменьшилось в 2.7 раза. Самое сильное землетрясение в каталоге 2017 г. ($K_p=14.5$), названное Карамыкским, произошло 3 мая в $04^{\text{h}}47^{\text{m}}$ на приграничной с Кыргызстаном территории Таджикистана в отрогах Алайского хребта. За 18 секунд до главного толчка произошел форшок с $K_p=12.9$, далее последовали многочисленные афтершоки. Еще одно достаточно сильное землетрясение 2017 г. зарегистрировано 29 сентября в $13^{\text{h}}49^{\text{m}}$ с $K_p=13.2$ на территории Узбекистана.

Ключевые слова: Кыргызстан, Узбекистан, сейсмическая станция, очаговая зона, сейсмичность, сейсмическая энергия.

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.08 **EDN:** SLKVWM

Для цитирования: Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р., Першина Е.В., Кучкаров К.И. Сейсмичность Кыргызстана и Узбекистана в 2016 и 2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 97–107. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.08. EDN: SLKVWM

Введение. Территория с условным названием «Кыргызстан и Узбекистан» (ранее – «Центральная Азия»), описание сейсмичности которой приводится в данной статье, расположена в пределах границ, показанных на рис. 1. По сравнению с обзорами сейсмичности «Центральной Азии», приведенными в предыдущих выпусках журнала, для рассматриваемой территории изменились как название, так и контуры границ. Начиная с 2016 г., в обзор войдут данные о сейсмичности территорий Кыргызстана, Узбекистана и приграничных районов Казахстана только до широты 43.3° (рис. 1). Сводный каталог землетрясений под названием «Центральная Азия», включающий каталоги трех вышеуказанных государств, изжил себя, поскольку в последние годы Казахстан отдельно передает в Обнинск полный каталог землетрясений для всей своей территории.

Территория «Кыргызстан и Узбекистан» разделена на три района: Северо-Восточный (№ 1), Юго-Западный (№ 2) и Южный Тянь-Шань (№ 3). Район № 1 состоит из двух зон: Северо-Тянь-Шаньской (I_1) и Срединно-Тянь-Шаньской (Нарынской) (I_2). Джунгарская зона (I_3) перешла в ведение казахских сейсмологов. В район № 2 входят пять зон: Ферганская (II_1), Приташкентско-Чимкентско-Каратауская (II_2), Самаркандско-Газлийская (II_3), Сурхандарьинско-Кашкадарьинская (II_4) и Кизыл-Кумская (II_5). В районе № 3 расположены две зоны: Кокшаальско-Кашгарская (III_1) и Алайско-Гармская (III_2). Границы перечисленных зон, как и территории в целом, показаны на рис. 1.

Сеть сейсмических станций. Сейсмические наблюдения на территории Кыргызстана и Узбекистана проводились силами сетей этих государств (рис. 1). На территории Кыргызстана продолжали свою работу 15 цифровых станций Института сейсмологии Национальной Академии наук Кыргызстана (сеть KRNET) и десять цифровых телеметрических станций Научной Станции Российской Академии наук (сеть KNET) [1]. Сеть наблюдений Узбекистана состояла из 45 сейсмических станций, 39 из которых участвовало в обработке событий каталога [2].

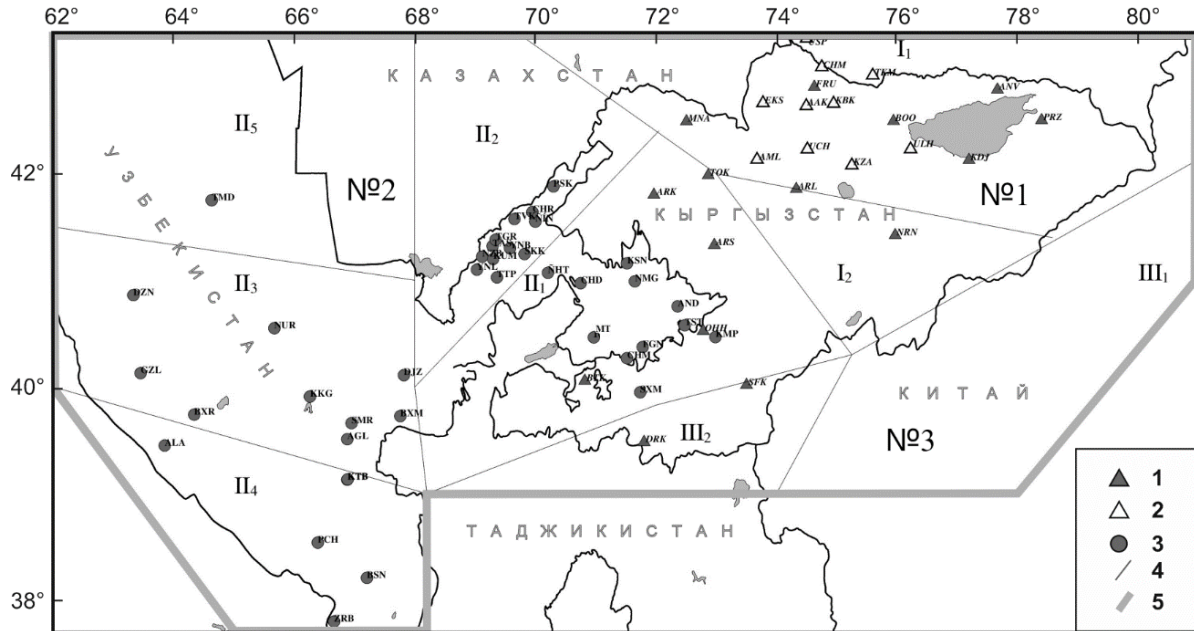


Рис. 1. Схема размещения сейсмических станций на территории Кыргызстана и Узбекистана

Сейсмические станции сетей: Кыргызстана (1 – KRNET, 2 –KNET); 3 –Узбекистана (КЭ ИС АН РУз); 4 – граница зоны.

Расположение густой высокочувствительной сети сейсмических станций в трех зонах – Северо-Тянь-Шаньской (I₁), Ферганской (II₁) и Приташкентско-Чимкентско-Каратауской (III₁) – обеспечило в их пределах представительную регистрацию землетрясений на уровне $K_{min}=6$ и наименьшую погрешность определения координат гипоцентров в пределах $\delta=\pm(5-10)$ км. На юго-востоке региона (на территории Китая), в Кокшаальско-Кашгарской зоне (III₁) Южного Тянь-Шаня (район № 3) погрешность определения координат эпицентров землетрясений с дополнительным привлечением некоторых станций Китая осталась, как и прежде [3], в пределах $\delta=\pm 25$ км.

Методика обработки данных. В 2016 и 2017 гг. обработка землетрясений осуществлялась, как и ранее [3], по общепринятой инструкции [4]. Выделение фаз, определение времен вступления P- и S-волн, замеры амплитуд и периодов производились по программе «dbrick» (пакет программ «Antelope») [5]. Для локации очагов землетрясений использовались скоростные модели земной коры, полученные для территории Кыргызстана [6] и Узбекистана [7]. Основные параметры землетрясения (дата, время, координаты, глубина, класс, магнитуда) определялись на компьютерах SUN с помощью программы «Hypocentre» [8], которая была адаптирована для Центральной Азии согласно утвержденным методам сбора и обработки данных. В качестве характеристики величины землетрясения использовались энергетический класс K_p [9] и магнитуда M_{PVA} по объемным волнам [10].

Сейсмичность в 2016 году. Каталог землетрясений за 2016 г. [11] содержит $N_{\Sigma}=705$ событий с энергетическими классами $K_p=8.6-15.4$, тогда как в 2015 г. $N_{\Sigma}=302$ [3], т.е. сейсмичность в регионе увеличилась в 2.3 раза. Итоговое распределение землетрясений всего региона по классам дано в табл. 1. Карта эпицентров землетрясений, зарегистрированных в 2016 г., показана на рис. 2.

Таблица 1. Распределение землетрясений по энергетическим классам K_p в 2016 г. на территории «Кыргызстан и Узбекистан»

K_p	9	10	11	12	13	14	15	N_{Σ}	$\Sigma E, Дж$
$N(K)$	437	183	53	26	4	–	2	705	$38.57 \cdot 10^{14}$

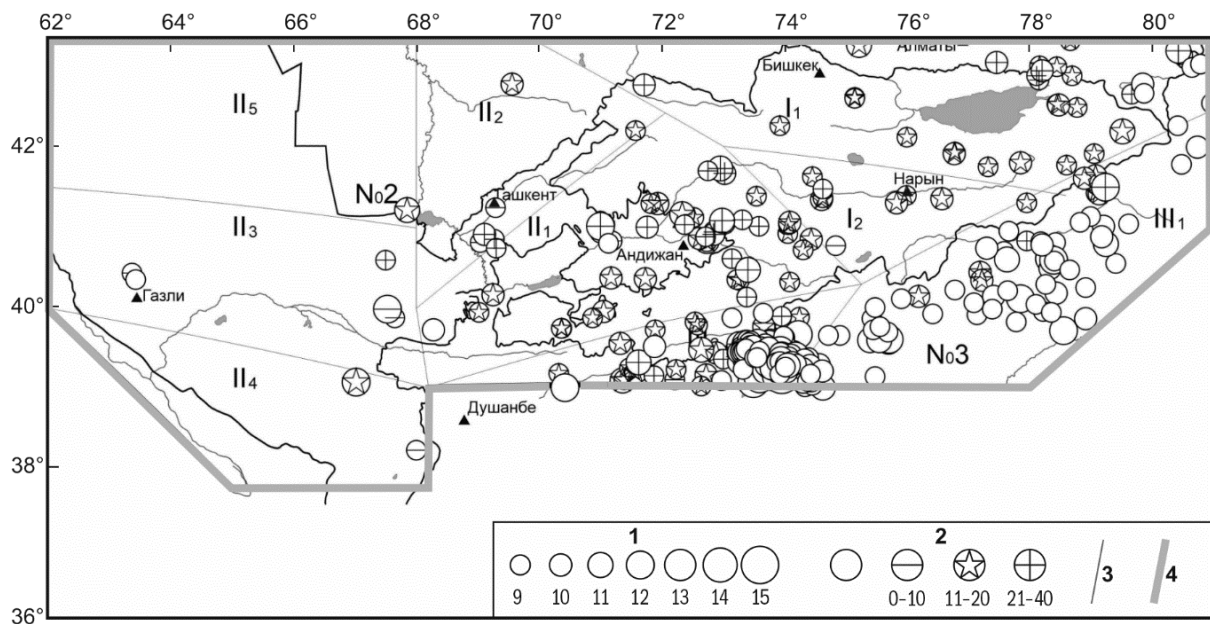


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Кыргызстана и Узбекистана за 2016 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3, 4 – границы зон и территории в целом; 5 – сейсмическая станция.

График повторяемости землетрясений с $K_p \geq 8.6$, построенный по данным табл. 1, имеет наклон $|\gamma| = 0.45$ (рис. 3). Из графика видно, что землетрясения с $K_{\min} = 9$ являются представительными для всей территории Кыргызстана и Узбекистана.

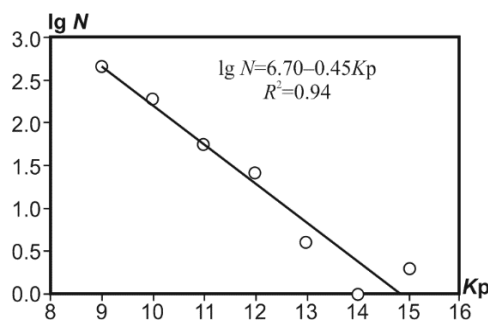


Рис. 3. График повторяемости землетрясений на территории «Кыргызстан и Узбекистан» в 2016 г.

Общее число землетрясений с $K_p \geq 8.6$ в трех крупных районах в 2016 г., как указано выше, составило $N_{\Sigma} = 705$ с суммарной энергией $\Sigma E = 38.57 \cdot 10^{14}$ Дж. Сейсмическая энергия рассчитывалась, исходя из определения энергетического класса по шкале Т.Г. Раутиан [9]: $K = \lg E$ Дж.

Распределение числа землетрясений разных энергетических классов и суммарной сейсмической энергии по трем районам в 2016 г. приведено в табл. 2.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений разных энергетических классов K_p и их суммарной сейсмической энергии ΣE по районам в 2016 г.

№	Район	K_p							N_{Σ}	ΣE 10^{14} , Дж
		9	10	11	12	13	14	15		
1	Северо-Восточный Тянь-Шань	28(45)	13(18)	3(0)	0(2)	0(1)	–	–	44(66)	0.0055(0.0626)
2	Юго-Западный Тянь-Шань	35(56)	17(19)	6(12)	3(2)	0(0)	0(1)	–	61(90)	0.0441(1.3129)
3	Южный Тянь-Шань	374(97)	153(32)	44(12)	23(5)	4(0)	0(0)	2(0)	600(146)	38.52(0.0635)
	Всего	437(198)	183(69)	53(24)	26(9)	4(1)	0(1)	2(0)	705(302)	38.57 (1.439)

Примечание. В скобках дано количество землетрясений и сейсмической энергии в 2015 г.

Среднегодовые долговременные значения основных характеристик сейсмического режима всей рассматриваемой территории – числа землетрясений ($N_{cp} = 524$) и среднего уровня выделяющейся в очагах сейсмической энергии ($\Sigma E_{cp} = 6.998 \cdot 10^{14}$ Дж) за предыдущие 20 лет (с 1996 по 2015 г. [3]) – ниже по сравнению с таковыми в 2016 г. в 1.35 и в 5.51 раз соответственно (рис. 4).

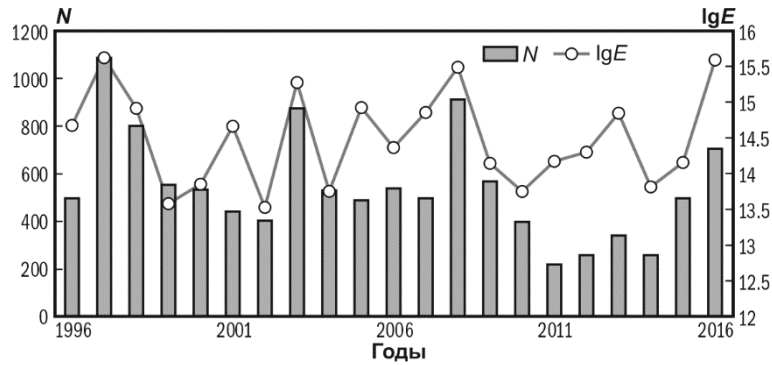


Рис. 4. Распределение числа землетрясений N и логарифма суммарной сейсмической энергии $\lg E$ по годам

В 2016 г. наблюдались два пика выделенной сейсмической энергии: в июне и ноябре (рис. 5). Первый пик был обусловлен землетрясением с $K_p=15.1$, произошедшим 26 июня на юге Кыргызстана, в Заалайском хребте, и сопровождавшимся многочисленными афтершоками. Второй пик связан с сильным землетрясением ($K_p=15.4$) 25 ноября на территории соседнего Китая.

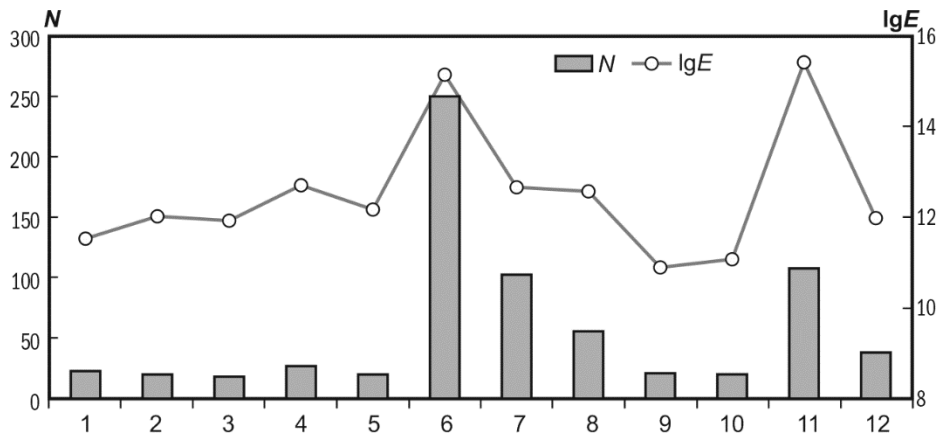


Рис. 5. Распределение числа землетрясений N и логарифма сейсмической энергии $\lg E$ по месяцам 2016 г.

Рассмотрим детально сейсмичность в отдельных зонах каждого из трех районов.

Северо-Восточный Тянь-Шань (район № 1) разделен, как указано выше, на две зоны (рис. 2): Северный Тянь-Шань (I_1) и Срединный Тянь-Шань (I_2). Как и прежде [3], наиболее высокая сейсмичность в районе № 1 наблюдалась в юго-восточной его части, в горных участках зоны (I_1), тогда как северо-западная часть ее была практически асейсмична. Общее число зарегистрированных событий в зоне (I_1) – $N_{\Sigma}=34$, суммарная выделенная сейсмическая энергия – $\Sigma E=5.02 \cdot 10^{11}$ Дж. Самое сильное землетрясение для этой зоны с $K_p=11.4$ произошло 29 февраля в 18^h37^m в приграничной зоне на территории Казахстана. Землетрясение с $K_p=10.9$ зарегистрировано 25 декабря в 13^h47^m к юго-востоку от оз. Иссык-Куль в хребте Сары-Джаз. Еще одно событие с $K_p=10.7$ отмечено 18 декабря в 05^h54^m в северной части зоны на территории Казахстана. Энергетические классы для девяти землетрясений зоны (I_1) варьировали в пределах $K_p=10.5 \div 9.6$, для остальных событий $K_p=9.4 \div 8.6$.

В Срединно-Тянь-Шаньской (Нарынской) зоне (I_2) за год было зарегистрировано десять событий. Два землетрясения произошли вблизи г. Нарын: 5 мая в 19^h54^m с максимальным для зоны $K_p=10.3$ и 18 ноября в 15^h16^m с $K_p=10.1$ в хр. Нарын-Тоо. Еще два землетрясения зарегистрированы на западе зоны: 26 апреля в 03^h21^m с $K_p=10.0$ и 24 марта в 11^h19^m с $K_p=9.7$. Остальные землетрясения имели энергетические классы от 9.2 до 8.6. Общая выделенная сейсмическая энергия в этой зоне составила $\Sigma E=5.196 \cdot 10^{10}$ Дж.

В целом по району № 1 зарегистрировано $N_{\Sigma}=44$ землетрясения, суммарная выделенная энергия которых составила $\Sigma E=0.55 \cdot 10^{12}$ Дж.

В Юго-Западном Тянь-Шане (район № 2) наибольшей сейсмичностью отличалась Ферганская зона (Π_1), где в течение года произошло 47 землетрясений, суммарная энергия которых составила $\Sigma E = 1.397 \cdot 10^{12}$ Дж. Большая часть эпицентров группировалась в восточной части зоны, в горных ее участках, обрамляющих Ферганскую долину (рис. 2). Самое сильное событие для этой зоны с $K_p = 11.9$ произошло 16 апреля в 02^h39^m на приграничной с Кыргызстаном территории Узбекистана. Цепочка из десяти эпицентров пролегла вдоль восточной границы зоны (Π_1). Максимальным из них было землетрясение 1 августа в 08^h00^m с $K_p = 11.0$ вблизи Токтогульского водохранилища. Западнее можно проследить такую же цепочку эпицентров с максимальным землетрясением с $K_p = 11.0$, зафиксированным 14 ноября в 02^h07^m в 50 км к востоку от г. Ош. Землетрясения западной части зоны, кроме события 16 апреля, не превышали $K_p = 10$.

Приташкентско-Чимкентско-Каратауская зона (Π_2) в 2016 г., как и ранее [3], отличалась невысокой сейсмичностью, там было зафиксировано всего шесть землетрясений с суммарной выделенной энергией $\Sigma E = 4.99 \cdot 10^{10}$ Дж. Четыре из них произошли к югу от Ташкента. Одно из них, 8 января в 23^h02^m, имело максимальный для зоны (в 2016 г.) класс $K_p = 10.5$. Землетрясение с $K_p = 10.0$ зарегистрировано 25 октября в 17^h15^m на севере зоны, на территории Казахстана. Еще одно событие с $K_p = 9.5$ отмечено 29 февраля в 17^h29^m в восточной части зоны, в хр. Таласский Ала-Тоо.

В Самаркандско-Газлийской зоне (Π_3) в течение года произошло пять событий с суммарной выделенной энергией $\Sigma E = 4.03 \cdot 10^{11}$ Дж. Максимальный класс ($K_p = 11.6$) имело землетрясение 8 августа в 11^h50^m вблизи восточной границы зоны. За 31 минуту до него был зафиксирован форшок с $K_p = 9.5$. К северу от этих событий 22 февраля в 01^h03^m произошло землетрясение с $K_p = 9.1$. Два землетрясения с $K_p = 8.6$ зарегистрированы вблизи Газли: 24 февраля в 18^h33^m и 24 апреля в 09^h36^m.

В Сурхандарьинско-Кашкадарьинской зоне (Π_4) в 2016 г. зарегистрировано два землетрясения, выделенная энергия которых составила $\Sigma E = 2.51 \cdot 10^{12}$ Дж. Событие с $K_p = 12.4$ произошло 5 апреля в 12^h12^m на территории Узбекистана, вблизи северной границы зоны. Второе землетрясение с $K_p = 8.6$ зафиксировано 1 марта в 10^h00^m.

На юго-востоке Кызыл-Кумской зоны (Π_5), на территории Казахстана, произошло всего одно землетрясение 28 мая в 19^h10^m с $K_p = 10.7$ и выделенной энергией $\Sigma E = 5.01 \cdot 10^{10}$ Дж.

В целом по району № 2 зарегистрировано 61 землетрясение, суммарная выделенная энергия которых составила $\Sigma E = 0.044 \cdot 10^{14}$ Дж.

Южный Тянь-Шань (район № 3), связанный с Гиссаро-Кокшаальским глубинным разломом на границе Кыргызстана с Таджикистаном и широкой полосой эпицентров в системе хребтов Кунь-Луня на границе Кыргызстана с Китаем, всегда отличался высокой сейсмичностью. В 2016 г. наблюдался пик активности: по сравнению с 2015 г. суммарное число землетрясений увеличилось в 4.1 раза ($N_{\Sigma} = 600$ вместо $N_{\Sigma} = 146$), а выделенная сейсмическая энергия возросла в 606 раз ($\Sigma E = 38.52 \cdot 10^{14}$ Дж вместо $\Sigma E = 0.06 \cdot 10^{14}$ Дж). Относительно средних значений за предыдущие 20 лет число землетрясений увеличилось в 1.8 раза, высвобожденная энергия – в 8.4 раза [3].

В Кокшаальско-Кашгарской зоне (Π_1) зарегистрировано 58 землетрясений с суммарной энергией $N_{\Sigma} = 0.07 \cdot 10^{12}$ Дж. Все самые сильные события произошли на территории соседнего Китая, в горных его областях. Максимальным по энергии ($K_p = 12.4$) было землетрясение, зарегистрированное 12 августа в 18^h01^m в хр. Каратеке Тау. Чуть слабее, с $K_p = 12.2$, произошло землетрясение 19 июля в 12^h33^m в приграничье, в отрогах Кокшаальского хребта. Еще четыре достаточно сильных толчка были зафиксированы в разных участках зоны: 15 мая в 17^h02^m, $K_p = 11.9$ (горы Бозтаг); 25 июля в 09^h04^m, $K_p = 11.7$ (Каратеке Тау); 2 февраля в 07^h01^m, $K_p = 11.6$; 9 июля в 16^h37^m, $K_p = 11.6$. Остальные землетрясения были слабее.

В Алайско-Гармской зоне (Π_2) в 2016 г. зарегистрировано 542 землетрясения с суммарной энергией $N_{\Sigma} = 38.449 \cdot 10^{14}$ Дж. Столь высокую сейсмичность этой зоны определили два события, которые сопровождалась сильными и многочисленными афтершоками. Первое землетрясение, названное Кызыл-Артским, произошло 26 июня в 11^h17^m с $K_p = 15.1$. Эпицентр его находился на северном склоне Заалайского хребта. Сотрясениями была охвачена обширная территория, включающая Ошскую, Баткенскую, Джалал-Абадскую, Нарынскую области Кыргызстана и приграничные районы Узбекистана, Таджикистана и Китая. Два афтершока с $K_p = 11.8$ следовали друг за другом через 6 минут после основного толчка. Через минуту после них произошел еще один

афтершок с $K_p=11.5$. Самый сильный афтершок с энергетическим классом $K_p=13.5$ зарегистрирован через 58 часов после основного толчка – 28 июня в 21^h38^m.

Повторные толчки продолжались длительное время вплоть до следующего сильного землетрясения, которое произошло 25 ноября в 14^h24^m с $K_p=15.4$ в 60 км к юго-востоку от Кызыл-Артского. Эпицентр его находился на территории соседнего Китая. Разрушительное для Китая, землетрясение вызвало панику и среди жителей приграничных населенных пунктов Кыргызстана. Эпицентр этого сейсмического события находился вблизи эпицентра Маркансуйского землетрясения 11 августа 1974 г. с $M=7.3$. Акетаоскому землетрясению предшествовали три форшока, самый сильный из которых с $K_p=12.9$ произошел за пять минут до главного толчка. Как и Кызыл-Артское, Акетаоское землетрясение сопровождалось афтершоками. Первый самый сильный афтершок с $K_p=12.8$ зарегистрирован через пять с половиной минут после основного толчка. За ним последовал буквально шквал толчков: в течение 10 минут произошло восемь землетрясений с энергетическими классами от $K_p=12.6$ до $K_p=11$. Далее интенсивность толчков постепенно уменьшалась с чередующимися всплесками на уровне $K_p=10-11$.

Следует отметить, что основная сейсмичность Алайско-Гармской зоны была связана именно с этими двумя событиями и их повторными толчками, остальные участки зоны в этот временной период «молчали».

Сейсмичность в 2017 году. Каталог землетрясений территории «Кыргызстан и Узбекистан» за 2017 г. [11] содержит $N_{\Sigma}=265$ событий с энергетическими классами $K_p=8.6-14.5$, тогда как в 2016 г. их было $N_{\Sigma}=705$ [3], т.е. общее число землетрясений на рассматриваемой территории уменьшилось в 2.7 раза. Карта эпицентров зарегистрированных в 2017 г. землетрясений показана на рис. 6.

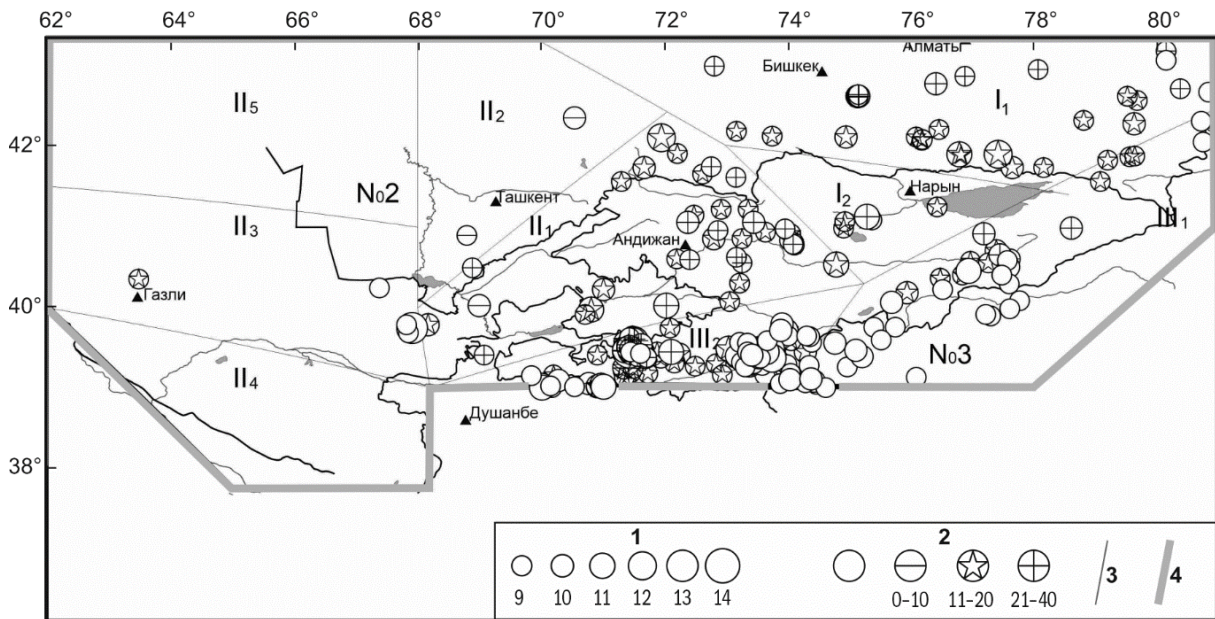


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений Кыргызстана и Узбекистана за 2017 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3, 4 – границы зон и региона соответственно.

График повторяемости землетрясений с $K_p \geq 8.6$, построенный по данным табл. 3, имеет наклон $|\gamma|=0.42$ (рис. 7). Из графика видно, что землетрясения с $K_{\min}=9$ являются представительными для всей территории Кыргызстана и Узбекистана.

Таблица 3. Распределение по энергетическим классам K_p землетрясений на территории «Кыргызстан и Узбекистан» в 2017 г.

K_p	9	10	11	12	13	14	N_{Σ}	$\Sigma E, Дж$
$N(K)$	173	60	23	5	2	2	265	$4.295 \cdot 10^{14}$

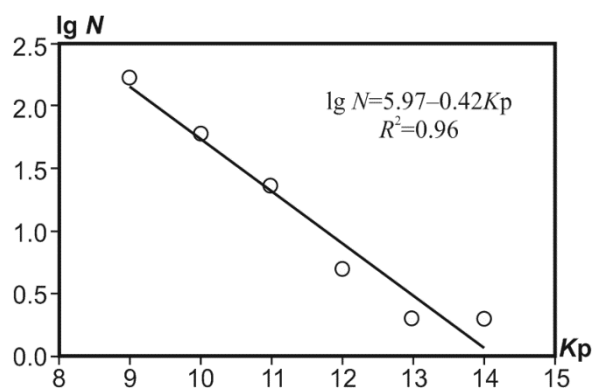


Рис. 7. График повторяемости землетрясений Кыргызстана и Узбекистана в 2017 г.

Общее число землетрясений с $K_p \geq 8.6$ в трех крупных районах в 2017 г., как указано выше, составило $N_\Sigma = 265$ с суммарной энергией $\Sigma E = 4.3 \cdot 10^{14}$ Дж. Сейсмическая энергия рассчитывалась, исходя из самого определения энергетического класса по Т.Г. Раутиан [9]: $K = \lg E$ Дж.

Распределение числа землетрясений разных энергетических классов по трем районам и суммарной сейсмической энергии за 2017 г. приведено в табл. 4.

Таблица 4. Распределение числа землетрясений разных энергетических классов K_p и их суммарной сейсмической энергии ΣE по районам

№	Район	K_p							N_Σ	$\Sigma E, 10^{14}$ Дж
		9	10	11	12	13	14	15		
1	Северо-Восточный Тянь-Шань	33(28)	7(13)	2(3)	1(0)	0(0)	0(0)	0(0)	43(44)	0.0093 (0.0055)
2	Юго-Западный Тянь-Шань	31(35)	10(17)	3(6)	1(3)	1(0)	0(0)	0(0)	46(61)	0.1787(0.0441)
3	Южный Тянь-Шань	109(374)	43(153)	18(44)	3(23)	1(4)	2(0)	0(2)	176(600)	4.1071(38.52)
	Всего	173(437)	60(183)	23(53)	5(26)	2(4)	2(0)	0(2)	265(705)	4.2951(38.57)

Примечание. В скобках дано количество землетрясений и сейсмической энергии в 2016 г.

Среднегодовые долговременные значения основных характеристик сейсмического режима на рассматриваемой территории – число землетрясений ($N_{cp} = 532$) и суммарная сейсмическая энергия, выделявшаяся в очагах землетрясений за год в среднем ($\Sigma E_{cp} = 8.5 \cdot 10^{14}$ Дж), – рассчитанные за предыдущий период в 21 год (с 1996 по 2016 гг.), выше по сравнению с таковыми за 2017 г. практически в два раза (рис. 8).

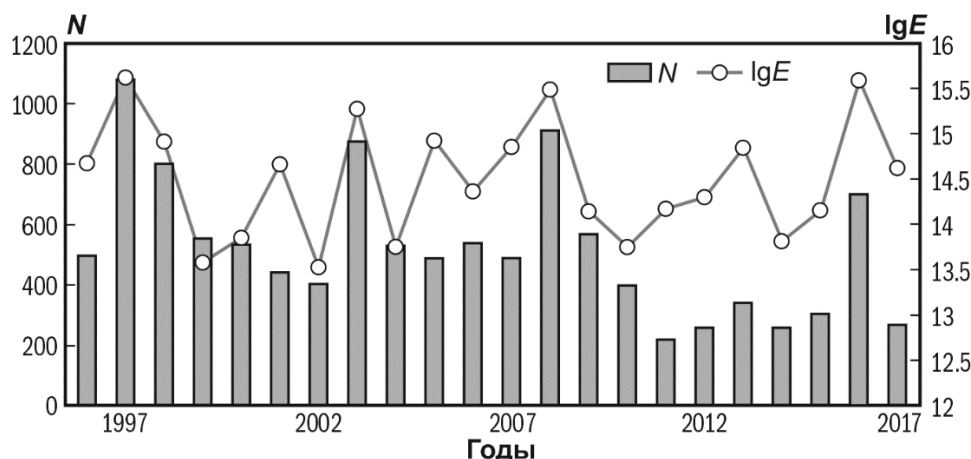


Рис. 8. Распределение числа землетрясений N и логарифма суммарной сейсмической энергии $\lg E$ по годам

В 2017 г. наблюдались два пика выделенной сейсмической энергии: в мае и сентябре (рис. 9). Первый пик был обусловлен Карамыкским землетрясением с $K_p = 14.5$, произошедшим 3 мая в $04^h 47^m$ на приграничной с Кыргызстаном территории Таджикистана в отрогах Алайского хребта [12, 13]. За 18 секунд до землетрясения произошел форшок с $K_p = 12.9$, а далее последовали многочисленные афтершоки [13]. Второй пик связан с землетрясением 29 сентября в $13^h 49^m$ с $K_p = 13.2$ на территории Узбекистана.

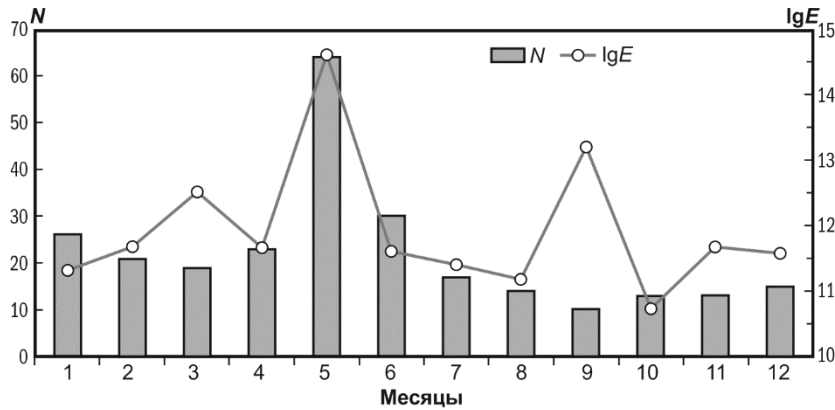


Рис. 9. Распределение числа землетрясений N и логарифма сейсмической энергии $\lg E$ по месяцам 2017 г.

Рассмотрим проявления сейсмической активности по районам.

Северо-Восточный Тянь-Шань (район № 1) разделен, как указано выше, на две зоны (рис. 6): Северный Тянь-Шань (I_1) и Срединный Тянь-Шань (I_2). Как и прежде [3], наиболее высокая сейсмичность наблюдалась в восточной части района № 1, в горных участках зоны (I_1). Общее число зарегистрированных событий в зоне (I_1) – $N_{\Sigma}=38$, суммарная выделенная сейсмическая энергия – $\Sigma E=8.47 \cdot 10^{11}$ Дж. Вдоль южной границы зоны можно проследить цепочку эпицентров землетрясений, включающую максимальные для зоны события: 16 ноября в 01^h42^m с $K_p=11.5$ и 28 апреля в 05^h01^m с $K_p=11.5$ в хребте Терской Ала Тоо. 21 апреля в 50 км к юго-востоку от Бишкека зарегистрирована группа (рой) из пяти событий с близкими координатами (на карте они практически слились): в 00^h41^m $K_p=10.4$; в 00^h43^m $K_p=8.7$; в 00^h55^m два толчка с разницей в 16 секунд с $K_p=10.5$ и $K_p=10.1$; в 02^h41^m $K_p=8.6$. Севернее оз. Иссык-Куль в отрогах хребта Кунгей Ала Тоо произошли три землетрясения с максимальным событием 5 июля в 20^h03^m с $K_p=10.4$. На востоке зоны, на приграничной территории Казахстана, максимальным по энергии было землетрясение 1 февраля в 06^h20^m с $K_p=10.0$.

В Срединно-Тянь-Шаньской (Нарынской) зоне (I_2) за год произошло пять событий. Группа из четырех землетрясений зарегистрирована на западе с максимальным для зоны $K_p=10.9$ (23 июля в 10^h36^m). Остальные землетрясения группы имели энергетические классы в диапазоне $K_p=9.2-8.6$. Еще одно землетрясение с $K_p=8.6$ произошло в 44 км к юго-востоку от г. Нарын. Общая выделенная сейсмическая энергия в этой зоне составила $\Sigma E=8.22 \cdot 10^{10}$ Дж. В целом по району № 1 зарегистрировано $N_{\Sigma}=43$ землетрясения, суммарная выделенная энергия которых $\Sigma E=9.29 \cdot 10^{11}$ Дж.

В Юго-Западном Тянь-Шане (район № 2) наибольшей сейсмичностью отличалась Ферганская зона (II_1), где в течение года произошло 37 землетрясений, суммарная энергия которых составила $\Sigma E=1.99 \cdot 10^{12}$ Дж. Большая часть эпицентров группировалась в восточной части зоны, в горных ее участках, обрамляющих Ферганскую долину (рис. 6). Самое сильное событие для этой зоны с $K_p=12.2$ произошло 16 мая в 09^h07^m в отрогах хребта Таласский Ала Тоо. Вторым по величине стало событие 3 февраля в 04^h36^m с $K_p=11.3$ в 8 км к югу от г. Баткен. В 105 км к востоку от предыдущего расположен эпицентр землетрясения с $K_p=10.7$, зарегистрированного 23 января в 01^h40^m. Событие близкой энергии ($K_p=10.6$) произошло 29 апреля в 13^h41^m в отрогах Ферганского хребта. Еще семь землетрясений в диапазоне $K_p=10.4-9.7$ локализованы в разных участках зоны. Остальные землетрясения были слабее.

Приташкентско-Чимкентско-Каратауская зона (II_2) в 2017 г., как и ранее [1], отличалась невысокой сейсмичностью, там было зафиксировано всего два землетрясения: 11 июня в 00^h05^m с $K_p=10.0$ в 150 км к северо-востоку от г. Ташкент, на территории Казахстана, и 24 мая в 06^h46^m с $K_p=8.9$ на юго-западе зоны. Выделенная при этих двух землетрясениях суммарная энергия составила $\Sigma E=1.08 \cdot 10^{10}$ Дж.

В Самаркандско-Газлийской зоне (II_3) в течение года произошло шесть событий с выделенной суммарной энергией $\Sigma E=1.59 \cdot 10^{13}$ Дж. Максимальный класс ($K_p=13.2$) имело землетрясение 29 сентября в 13^h49^m на территории Узбекистана вблизи восточной границы зоны. Землетрясение сопровождалось двумя афтершоками с $K_p=8.6$ и $K_p=9.2$, которые последовали друг за

другом через 9 минут после основного толчка. В очаговой зоне этого землетрясения произошел еще один толчок 11 декабря в $10^{\text{h}}24^{\text{m}}$ с $K_p=9.6$. К северо-западу от этих событий расположен эпицентр землетрясения, зарегистрированного 30 сентября в $03^{\text{h}}16^{\text{m}}$ с $K_p=8.8$. Еще одно землетрясение с $K_p=9.3$ произошло 10 мая в $04^{\text{h}}36^{\text{m}}$ в районе Газли.

В Сурхандарьинско-Кашкадарьинской зоне (II₄), вблизи ее восточной границы, 15 апреля в $18^{\text{h}}25^{\text{m}}$ зарегистрировано единственное землетрясение с $K_p=10.0$.

В Кизыл-Кумской зоне (II₅) в 2017 г. землетрясений не было.

В целом по району № 2 зарегистрировано $N_{\Sigma}=46$ землетрясений, суммарная выделенная энергия которых составила $\Sigma E=1.79 \cdot 10^{13}$ Дж.

Южный Тянь-Шань (район № 3) традиционно сейсмически активен, но в 2017 г. наблюдался спад суммарного числа землетрясений в 3.4 раза по сравнению с таковым в 2016 г. ($N_{\Sigma}=176$ вместо $N_{\Sigma}=600$). Выделенная сейсмическая энергия уменьшилась в 9.4 раза ($\Sigma E=4.11 \cdot 10^{14}$ Дж вместо $\Sigma E=38.52 \cdot 10^{14}$ Дж). Относительно средних значений длительностью в 21 год ($N_{\text{ср}}=339$, $\Sigma E_{\text{ср}}=6.39 \cdot 10^{14}$ Дж) число землетрясений уменьшилось в 1.9 раза, а высвобожденная энергия – в 1.5 раза.

В Кокшаальско-Кашгарской зоне (III₁) зарегистрировано 41 землетрясение с суммарной энергией $\Sigma E=2.63 \cdot 10^{11}$ Дж. Практически все землетрясения произошли на приграничной территории Китая, в западной половине зоны III₁. Максимальным по энергии ($K_p=10.6$) было событие 16 октября в $13^{\text{h}}03^{\text{m}}$. Энергетический класс 12 землетрясений изменялся в пределах $K_p=10.4 \div 9.6$, остальные события были слабее.

В Алайско-Гармской зоне (III₂) в 2017 г. зарегистрировано 135 землетрясений с суммарной энергией $\Sigma E=4.1 \cdot 10^{14}$ Дж. Большая часть землетрясений произошла на территории Таджикистана. Эпицентры на карте можно визуальнo разделить на две группы: западную и восточную (рис. 6). Самым сильным для западной части и для зоны в целом было землетрясение 3 мая в $04^{\text{h}}47^{\text{m}}$ с $K_p=14.5$ с эпицентром в Алайском хребте Таджикистана, в приграничье с Кыргызстаном, названное Карамыкским [12, 13]. Буквально за 18 секунд до него зарегистрирован форшок с $K_p=12.9$. Землетрясение сопровождалось афтершоками, среди которых были достаточно сильные: 3 мая в $04^{\text{h}}53^{\text{m}}$, $K_p=11.3$; в $05^{\text{h}}36^{\text{m}}$, $K_p=11.1$; в $20^{\text{h}}03^{\text{m}}$, $K_p=11.7$; 4 мая в $11^{\text{h}}09^{\text{m}}$, $K_p=11.5$; 5 мая в $05^{\text{h}}09^{\text{m}}$, $K_p=13.9$; в $06^{\text{h}}38^{\text{m}}$, $K_p=11.0$; 6 мая в $07^{\text{h}}15^{\text{m}}$, $K_p=11.4$; 26 мая в $19^{\text{h}}09^{\text{m}}$, $K_p=11.0$. Сейсмическая активность в эпицентральной зоне продолжалась до конца года с отдельными всплесками на уровне $K_p=10$.

Для восточной части самым сильным было землетрясение 14 марта в $11^{\text{h}}07^{\text{m}}$ с $K_p=12.5$, эпицентр которого расположен в Заалайском хребте Таджикистана. Немногочисленные повторные толчки не превышали $K_p=10$.

Заключение. В 2016 г. число землетрясений на рассматриваемой территории увеличилось в 2.3 раза по сравнению с таковым в предыдущем году. Всплеск сейсмической активности был обусловлен двумя землетрясениями, произошедшими в Южном Тянь-Шане: 26 июня с $K_p=15.1$ в Заалайском хребте и 25 ноября с $K_p=15.4$ на территории соседнего Китая. Оба землетрясения сопровождались многочисленными афтершоками. В то же время в 2016 г. количество землетрясений снизилось в двух других районах. Для Северного Тянь-Шаня это можно объяснить переносом северной границы территории. Для Юго-Западного Тянь-Шаня изменение границы коснулось только двух асейсмичных зон II₂ и II₅, и сравнение с параметрами сейсмичности предыдущих лет возможно.

В 2017 г. число землетрясений уменьшилось в 2.7 раза по сравнению с таковым в 2016 году. В Северо-Восточном Тянь-Шане количество землетрясений осталось почти на прежнем уровне, а суммарная выделенная энергия увеличилась в 1.7 раза за счет двух землетрясений – 28 апреля с $K_p=11.5$ и 16 ноября с $K_p=11.6$ в хребте Терской Ала Тоо. В Юго-Западном Тянь-Шане количество землетрясений уменьшилось в 1.3 раза, но выделенная энергия увеличилась в 4 раза. В этом районе произошли два достаточно сильных землетрясения: 29 сентября с $K_p=13.2$ на территории Узбекистана и 16 мая с $K_p=12.2$ в отрогах хребта Таласский Ала Тоо Кыргызстана.

Южный Тянь-Шань в 2017 г. был традиционно сейсмически активен, но по сравнению с предыдущим годом количество землетрясений и выделенная энергия уменьшились в 3.4 и 9.4 раза соответственно.

В подготовке электронных приложений к данной статье принимали участие Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р., Соколова Н.П., Кучкаров К.И., Молдобекова С., Першина Е.В., Афонина Л.Р., Зоиров Ф.Ф.

Л и т е р а т у р а

1. Берёзина А.В. Сейсмические станции Кыргызстана в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
2. Зоиров Ф.Ф. Сейсмические станции Узбекистана в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
3. Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р., Першина Е.В., Бектурганова Б.Б., Кучкаров К.И. Сейсмичность Центральной Азии в 2015 г. (Кыргызстан, Узбекистан и Юго-Восточный Казахстан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 94–102. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.08
4. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М: Наука, 1982. – 273 с.
5. Antelope Environmental Monitoring Software. (2022). – URL: <http://www.brtt.com/>
6. Сабитова Т. и др. Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. – Бишкек: Илим, 2006. – 114 с.
7. Захарова А.И., Ибрагимов Р.Н., Матасова Л.М. и др. Параметры землетрясений и очаговых зон Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1973. – 143 с.
8. Lahr J.C. HYPOELLIPSE. A computer program for determining local earthquakes hypocentral parameters, magnitude, and first motion pattern. – Denver, Colorado: US Geological Survey. Open-File Report. – 119 p.
9. 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.
10. Михайлова Н.Н., Неверова Н.П. Калибровочная функция $s(d)$ для определения *MPVA* землетрясений Северного Тянь-Шаня // Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне. – Алма-Ата: Наука, 1986. – С. 41–47.
11. Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р., Соколова Н.П., Кучкаров К.И., Молдобекова С., Першина Е.В., Афонина Л.Р., Зоиров Ф.Ф. Каталог землетрясений Кыргызстана и Узбекистана за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
12. Джураев Р.У., Гребенникова В.В. Макросейсмическое проявление землетрясений 3–6 мая 2017 года в приграничных районах Таджикистана и Кыргызстана // Вестник Института сейсмологии НАН КР. – 2018. – № 2 (12). – С. 25–37.
13. Джураев Р.У. Карамыкское землетрясение 3 мая 2017 г. с $K_R=14.2$, $M_S=6.7$, $I_0=7$ (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 338–347. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.31. EDN: MJVFEN

SEISMICITY of KYRGYZSTAN and UZBEKISTAN in 2016 and 2017

K.E. Abdrakhmatov¹, A.G. Frolova¹, A.V. Berezina¹, R. Shukurova¹,

E.V. Pershina¹, K.I. Kuchkarov²

¹*Institute of Seismology, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, kis@mail.elcat.kg;*

²*Republican Center for Seismic Prognostic Monitoring of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, complex@uzsci.net*

Abstract. In 2016 and 2017, seismic observations on the territory of Kyrgyzstan and Uzbekistan were carried out by networks of these countries. Seismic networks of Kyrgyzstan and Uzbekistan included 25 and 39 stations respectively. The catalog of earthquakes for 2016 included 705 events with $K_R=8.6–15.4$. The strongest earthquake in the 2016 catalog was earthquake of November 25 at 14^h24^m with $K_R=15.4$, located at the territory of neighboring China. Devastating for China, the earthquake caused panic among the residents of the border settlements of our countries. The Kyzyl-Art earthquake, which occurred on June 26, 2016 at 11^h17^s ($K_R=15.1$) in the south of Kyrgyzstan, was the second by magnitude event in 2016. Its epicenter was located on the northern slope of the Zaalay Range. The Kyzyl-Art earthquake caused numerous aftershock series, which continued until the

Aketao event, which had its own aftershock series that lasted until the end of the year. As a result, the number of earthquakes included to the catalog for 2016 increased by 2.3 times compared with 2015. The 2017 catalog of earthquakes included 265 events with $K_R=8.6-14.5$, i.e. the total seismicity in the region decreased by 2.7 compared with previous year. The strongest earthquake in the 2017 catalog ($K_R=14.5$), Karamyk earthquake, occurred on May 3 at 04^h47^m in the spurs of the Alai Range in the territory of Tajikistan, near the Kyrgyzstan-Tajikistan border. The strong foreshock ($K_R=12.9$) occurred 18 seconds before the main shock. The earthquake accompanied by numerous aftershocks. Another rather strong earthquake ($K_R=13.2$) was registered on September 29 at 13^h49^m on the territory of Uzbekistan.

Key words: Kyrgyzstan, Uzbekistan, seismic station, source zone, seismicity, seismic energy.

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.08. **EDN:** SLKVWM

For citation: Abdrakhmatov, K.E., Frolova, A.G., Berezina, A.V., Shukurova, R., Pershina, E.V., & Kuchkarov, K.I. (2022). [Seismicity of Kyrgyzstan and Uzbekistan in 2016 and 2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 97–107. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.08. EDN: SLKVWM

References

- Berezina, A.V. (2022). [Seismic stations of Kyrgyzstan in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
- Zoirov, F.F. (2022). [Seismic stations of Uzbekistan in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
- Abdrakhmatov, K.E., Frolova, A.G., Berezina, A.V., Shukurova, R., Pershina, E.V., Bekturganova, B.B., & Kuchkarov, K.I. (2021). [Seismicity of Central Asia in 2015 (Kyrgyzstan, Uzbekistan and Southeastern Kazakhstan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 94–102. (In Russ). doi:10.35540/1818-6254.2021.24.08
- Instruktsiia o poriadke proizvodstva i obrabotki nabliudeniia na seismicheskikh stantsiakh Edinoi sistemy seismicheskikh nabliudeniia SSSR* [The instruction on order of production and processing of observations at seismic stations of the Uniform system of seismic observations of the USSR]. (1982). Moscow, Russia: Nauka Publ., 273 p. (In Russ.).
- Antelope Environmental Monitoring Software. (2022). Retrieved from <http://www.brtt.com/>
- Sabitova, T.M. et al. (2006). *Zemnaia kora i verkhniaia mantiia Tian'-Shania v sviazi s geodinamikoi i seismichnost'iu* [Crust and top mantle of Tien Shan in connection with geodynamics and seismicity]. Bishkek, Kyrgyzstan: Ilim Publ., 114 p. (In Russ.).
- Zakharova, A.I., Ibragimov, R.N., Matasova, L.M. et al. (1973). *Parametry zemletriaseniia i ochagovykh zon Uzbekistana* [Parameters of earthquakes and focal zones of Uzbekistan]. Tashkent, Uzbekistan: Fan Publ., 143 p. (In Russ.).
- Lahr, J.C. (1999). HYPOELLIPSE: A computer program for determining local earthquake hypocentral parameters, magnitude, and first motion pattern. *Denver, Colorado: US Geological Survey. Open-File Report*, 119 p.
- Rautian, T.G. (1964). [On determining the energy of earthquakes at a distance of 3000 km]. In *Ekspierimental'naia seismika. Trudy IFZ AN SSSR № 32(199)* [Experimental seismic] (pp. 88–93). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
- Mikhailova, N.N., & Neverova, N.P. (1986). [Calibration function $\sigma(\Delta)$ for definition of MPVA of earthquakes of Northern Tien Shan]. In *Kompleksnye issledovaniia na Alma-Atinskom prognosticheskom poligone* [Comprehensive research at Almaty prognostic site] (pp. 41–47). Almaty, Kazakhstan: Nauka Publ. (In Russ.).
- Frolova, A.G., Berezina, A.V., Shukurova, R., Sokolova, N.P., Kuchkarov, K.I., Moldobekova, S., Pershina, E.V., Afonina, L.R., & Zoirov, F.F. (2022). [The catalog of earthquakes of Central Asia for 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
- Juraev, R.U., & Grebennikova, V.V. (2018). [Macroseismic manifestation of earthquakes on May 3–6, 2017 in the border regions of Tajikistan and Kyrgyzstan]. *Vestnik Instituta seismologii NAN KR* [Bulletin of the Institute of Seismology of the NAS KR], 2(12), 25–37. (In Russ.).
- Juraev, R.U. (2022). [Karamyk earthquake of May 3, 2017 with $K_R=14.2$, $M=5.7$, $I_0=7$ (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 338–347. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.31. EDN: MJVFEH