

УДК 550.34

Омуралиева А.

*Институт сейсмологии НАН КР,  
г. Бишкек, Кыргызстан*

## ИСТОРИЧЕСКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ С $K \geq 13.6$ В ПРЕДЕЛАХ БАТКЕНСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ: ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

**Аннотация.** Изучено пространственно-временное распределение рассматриваемых землетрясений с  $K \geq 13.6$  на площади, ограниченной координатами  $\varphi = 39^\circ - 40^\circ 40'$ ,  $\lambda = 68^\circ - 72^\circ 30'$  за 1822-2020 гг., что является важным условием для всестороннего анализа сейсмической опасности. Впервые оценены параметры сейсмических воздействий: границы очаговых и близких зон, границы близких и дальних зон, преобладающие периоды колебаний, продолжительность колебаний, интенсивность сотрясений, а также значения пиковых ускорений в очаговых зонах в зависимости от механизмов очагов.

В последовательности проявления рассматриваемых землетрясений с характерными параметрами сейсмических воздействий установлена иерархия сейсмических циклов. Хаитское землетрясение ( $K = 17.0$ ,  $M_s = 8.1$ , 1949 г.) с максимальными параметрами сейсмического воздействия проявилось на пике сейсмической активизации, Исфара-Баткенское землетрясение ( $K = 15.5$ ,  $M_s = 7.1$ , 1977 г.) - в период спада активизации, Канское землетрясение ( $K = 14.8$ ,  $M_s = 6.7$ , 2007 г.) - в период повторного затишья цикла второго порядка.

Построены карты – схемы распределения параметров сейсмических воздействий, в частности, очаговых зон землетрясений с  $K \geq 13.6$  в пределах Баткенской области и прилегающих территорий. Определены максимальные возможные параметры разломов очаговых зон, в частности максимальная подвижка, длина разрыва поверхности, область разрыва, время подготовки землетрясения.

**Ключевые слова:** границы очаговых и близких зон, границы близких и дальних зон, преобладающие периоды колебаний, продолжительность колебаний, интенсивность сотрясений, значения пиковых ускорений в очаговых зонах, механизмы очагов, максимальная подвижка разломов очаговых зон, длина разрыва поверхности, область разрыва, время подготовки землетрясения.

## БАТКЕН ОБЛУСУНУН ЖАНА АГА ЧЕКТЕШ АЙМАКТАРДЫН ИЧИНДЕГИ $K \geq 13.6$ ТАРЫХЫЙ ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРҮ: АЛАРДЫН СЕЙСМИКАЛЫК ТААСИРИНИН МҮМКҮН БОЛГОН ПАРАМЕТРЛЕРИ

**Кыскача мазмуну.** 1822-2020-жылдардагы  $\varphi = 39^\circ - 40^\circ 40'$ ,  $\lambda = 68^\circ - 72^\circ 30'$  координаттары менен чектелген аймакта сейсмикалык энергиясы  $K \geq 13.6$  болгон жер титирөөлөрдүн мейкиндик жана убакыттык боюнча жайгашышы изилденген, бул сейсмикалык коркунучту комплекстүү талдоо үчүн маанилүү шарт болуп эсептелинет. Сейсмикалык таасирлердин параметрлери (очок жана жакын зоналардын чек аралары, жакынкы жана алыскы зоналардын чек аралары, термелүүнүн басымдуу периоддору, термелүүнүн узактыгы, термелүүнүн интенсивдүүлүгү, ошондой эле очок механизмдерине жараша очок зоналардагы эң чоң ылдамдануулардын мааниси) биринчи жолу аныкталды.

Сейсмикалык таасирдин мүнөздүү параметрлери бар каралган жер титирөөлөрдүн пайда болуу ырааттуулугунда сейсмикалык циклдердин иерархиясы белгиленген. Сейсмикалык таасирдин максималдуу параметрлери бар Хаит жер

титирөөсү ( $K=17$ ,  $M_s=8.1$ , 1949) сейсмикалык активдешүүнүн туу чокусунда, Исфара-Баткен жер титирөөсү ( $K=15.5$ ,  $M_s=7.1$ , 1977) – сейсмикалык активдешүү басандаганда, Кан жер титирөөсү ( $K=14.8$ ,  $M_s=6.7$ , 2007) - экинчи тартиптеги циклдин кайталанган тынч мезгилде пайда болгон.

Баткен облустагы жана ага чектеш аймактардагы  $K \geq 13.6$  жер титирөөлөрдүн очок зоналардагы сейсмикалык таасирдин параметрлеринин бөлүштүрүү карта-схемалары жасалган. Очок зонанын жаракаларынын мүмкүн болгон максималдуу параметрлери аныкталган, атап айтканда, максималдуу жылышуу, жер бетиндеги жараканын узундугу, жараканын аймагы жана жер титирөө пайда болуу убактысы.

**Негизги сөздөр:** очок жана жакын зоналардын чек аралары, жакынкы жана алыскы зоналардын чек аралары, термелүүнүн басымдуу периоддору, термелүүнүн узактыгы, термелүүнүн интенсивдүүлүгү, очок зоналардагы эң чоң ылдамдануулардын мааниси, очок механизмдери, очок зоналардын жаракаларынын максималдуу жылышы, жер бетиндеги жараканын узундугу, жараканын аймагы, жер титирөө пайда болуу убактысы.

### HISTORICAL EARTHQUAKES WITH $K \geq 13.6$ WITHIN THE BATKEN REGION AND ADJACENT TERRITORIES: THEIR POSSIBLE PARAMETERS OF SEISMIC IMPACTS

**Abstract.** The spatial-temporal distribution of earthquakes with  $K \geq 13.6$  in the area limited by the coordinates  $\varphi=39^{\circ}-40^{\circ}40'$ ,  $\lambda=68^{\circ}-72^{\circ}30'$  for 1822-2020 was studied, which is an important condition for a comprehensive analysis of seismic hazard. For the first time, the parameters of seismic impacts were estimated: boundaries of focal and nearby zones, boundaries of near and distant zones, prevailing periods of oscillations, duration of oscillations, intensity of shaking, as well as the values of peak accelerations in focal zones, depending on focal mechanisms.

A hierarchy of seismic cycles is established in the sequence of considered earthquakes' manifestation with characteristic parameters of seismic impacts. The Khait earthquake ( $K=17.0$ ,  $M_s=8.1$ , 1949) with the maximum parameters of the seismic impact manifested itself at the peak of seismic activation, the Isfara-Batken earthquake ( $K=15.5$ ,  $M_s=7.1$ , 1977) - during the recession of the activation, the Kan earthquake ( $K=14.8$ ,  $M_s=6.7$ , 2007) - during the period of the second calm cycle of the second order.

Schematic map of distribution of parameters of seismic impacts, in particular,  $K \geq 13.6$  earthquakes' focal zones within the Batken region and adjacent area is plotted. Maximum possible parameters of faults in focal zone are determined, in particular, maximum displacement, surface rupture length, rupture area, and earthquake preparation time.

**Keywords:** boundaries of focal and nearby zones, boundaries of near and distant zones, prevailing periods of oscillations, duration of oscillations, intensity of shaking, values of peak accelerations in focal zones, focal mechanisms, maximum displacement of focal zones faults, length of surface rupture, rupture area, earthquake preparation time.

В работе использован каталог землетрясений Института сейсмологии НАН КР на площади, ограниченной координатами  $\varphi=39^{\circ}-40^{\circ}40'$ ,  $\lambda=68^{\circ}-72^{\circ}30'$  за 1822-2020 гг., откуда были выбраны землетрясения с  $K \geq 13.6$  (рисунок 1).

С использованием формул [1, 2] определены значения магнитуды по поверхностным волнам  $M_s$  и локальной магнитуды  $MLH$ :

$$M_w = 0.67M_s + 2.07 \text{ при } 3.0 \leq M_s \leq 6.1 \quad (1)$$

$$M_w = 0.99M_s \text{ при } 6.2 \leq M_s \leq 8.2 \quad (2)$$

$$M_w = 0.97MLH + 0.19. \quad (3)$$

На основании зависимости сейсмической энергии  $K=I_gE$  (Дж) и магнитуды  $M$  Гутенберга –Рихтера [3] получаем формулу:

$$K=4.8+1.5 M. \quad (4)$$

Значения магнитуды Гутенберга-Рихтера и магнитуды поверхностных волн  $M_s$  приведены в таблице 1.

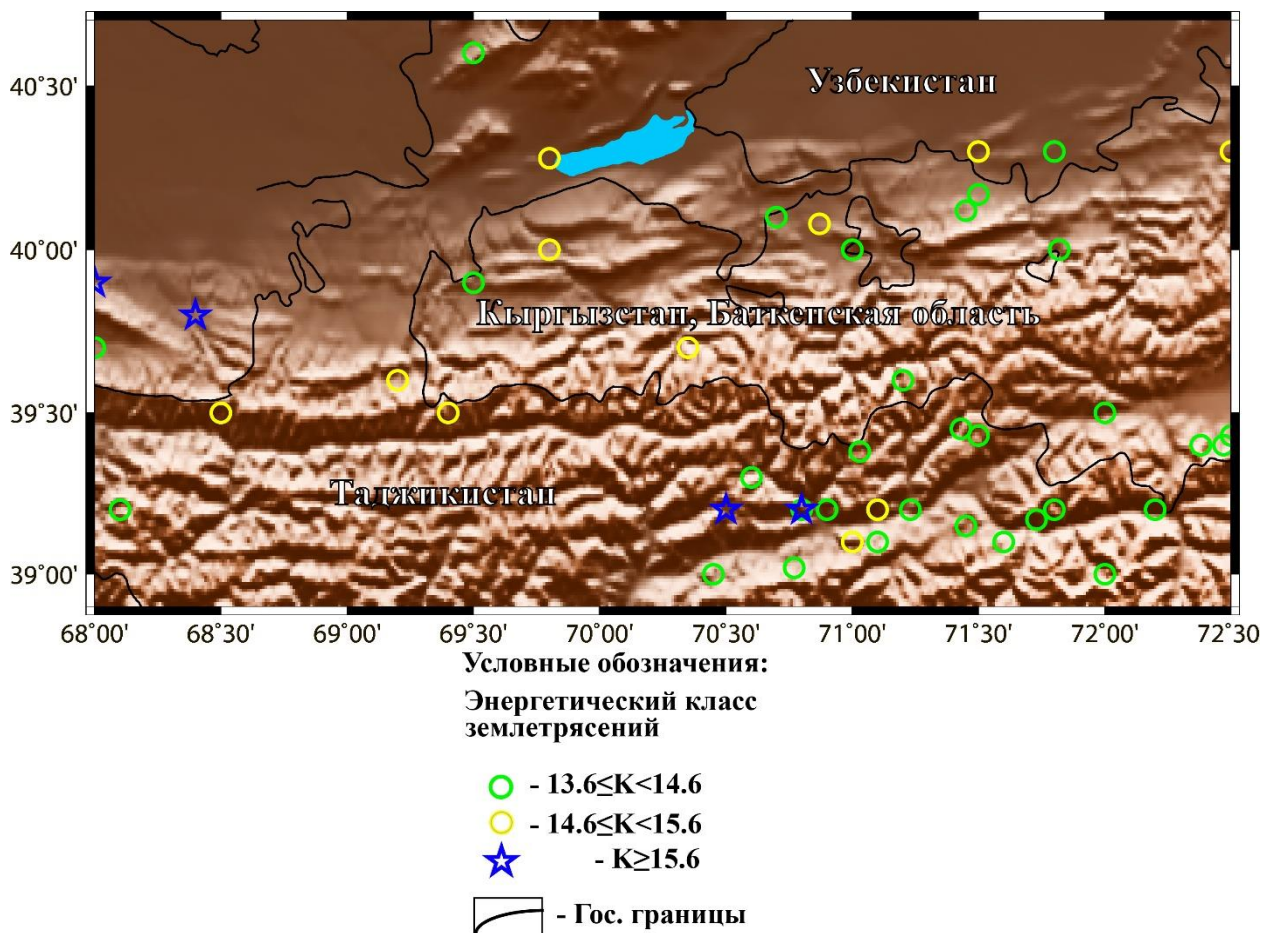


Рисунок 1. Карта-схема распределения землетрясений с  $K \geq 13.6$  в пределах Баткенской области и прилегающих территорий за 1822-2020 гг.

Таблица 1. Землетрясения с  $K \geq 13.6$  на площади  $\varphi=39^\circ-40^\circ 40'$ ,  $\lambda=68^\circ-72^\circ 30'$  за 1822-2020 гг.

Year	month	day	hour	min	sec	lat	long	H	K	Ms
1822	9	1	0	0	0	40.3	71.5	12	15.2	6.9
1823	1	1	0	0	0	40.3	71.5	12	15.2	6.9
1869	3	25	0	30	0	39.9	69.5	30	13.9	6.1
1888	11	28	6	40	0	40.0	69.8	20	15.3	7.0
1893	11	5	3	30	0	39.5	69.4	40	14.6	6.5
1897	9	17	15	10	0	39.8	68.4	25	15.7	7.2
1897	9	17	17	19	0	39.9	68.0	45	15.8	7.3
1902	4	17	21	10	0	40.0	71.0	30	14.4	6.4
1902	8	12	17	16	0	39.5	68.5	35	14.7	6.6
1907	9	15	17	46	0	40.3	72.5	10	14.6	6.5
1907	9	19	19	14	0	40.3	72.5	14	13.9	6.1
1914	1	13	21	0	0	40.3	71.8	20	13.7	5.9

1923	12	20	15	13	24	39.5	72.0	15	14.1	6.2
1923	12	28	22	24	48	39.6	69.2	18	15.3	7.0
1926	4	11	6	26	24	40.6	69.5	18	13.7	5.9
1930	3	6	15	44	20	39.0	72.0	10	13.7	5.9
1932	10	29	11	8	50	39.2	72.2	20	14.5	6.5
1933	9	9	19	34	21	40.1	70.7	26	13.6	5.9
1939	5	30	10	7	6	39.0	70.45	6	14.1	6.2
1941	4	20	17	38	27	39.2	70.5	8	15.6	7.2
1941	4	26	23	10	58	39.3	70.6	10	14	6.1
1941	5	6	16	55	29	39.3	70.6	10	14.1	6.2
1942	2	28	4	54	55	39.2	70.9	10	14	6.1
1943	6	2	2	55	24	39.2	71.8	10	13.7	5.9
1948	11	22	16	6	4	39.2	68.1	30	13.7	5.9
1949	7	8	8	2	16	39.2	70.8	18	14	6.1
1949	7	10	3	53	38	39.2	70.8	16	17	8.1
1949	7	10	14	13	24	39.2	71.1	10	13.6	5.9
1949	7	10	15	19	0	39.1	71.0	10	14	6.1
1949	7	10	15	49	17	39.2	71.1	19	15	6.8
1949	7	10	16	24	0	39.1	71.0	14	15	6.8
1949	7	19	17	42	12	39.1	71.1	10	14	6.1
1951	4	14	4	10	6	39.1	71.6	25	14.5	6.5
1951	5	12	22	7	52	39.6	71.2	25	13.8	6.0
1955	7	19	8	47	38	39.7	68.0	14	13.6	5.9
1977	1	31	14	26	14.6	40.08	70.87	20	15.5	7.1
1977	6	3	1	5	23.8	40.0	71.82	15	14.2	6.3
1978	11	2	6	24	10	39.43	72.5	25	14	6.1
1978	11	2	11	15	35.5	39.4	72.38	10	13.6	5.9
1978	11	8	0	57	44.5	39.4	72.47	20	13.8	6.0
1982	5	6	15	42	20.9	40.17	71.5	20	14.4	6.4
1984	10	26	20	22	17.6	39.2	71.23	15	14.5	6.5
1985	10	13	15	59	51.8	40.28	69.8	10	14.6	6.5
1990	11	3	16	39	50.8	39.15	71.45	10	13.8	6.0
1995	2	20	4	12	22.2	39.38	71.03	4	13.6	5.9
2006	7	6	3	57	47.9	39.17	71.73		13.7	5.9
2007	1	8	17	21	48.3	39.7	70.35		14.8	6.7
2007	7	21	22	44	16.1	39.02	70.77		13.6	5.9
2011	7	19	19	35	43.9	40.12	71.45	17	14.1	6.2
2017	5	3	4	47	11.7	39.45	71.43	23	14.5	6.5
2017	5	5	5	9	33.7	39.43	71.5	18	13.9	6.1

По данным сводов правил СП XXX.1325800.2017, СП 408.1325800.2018 Российской Федерации [4, 5] (Детальное сейсмическое районирование и сейсмическое микрорайонирование для территориального планирования) параметрами сейсмических воздействий являются границы: очаговых и близких зон ( $R_0$ -б, км), близких и дальних зон ( $R_0$ -д, км); а также параметры: преобладающих периодов колебаний ( $T$ , сек), продолжительность колебаний ( $t$ , сек) и интенсивности сотрясений ( $I$ , балл) с учетом продолжительности колебаний ( $t$ ), т.е. ширины импульса землетрясений. Пиковое ускорение грунта зависит от расстояния между очагом землетрясения и точкой наблюдения.

Граница между очаговой и ближней зонами находится на расстоянии:

$$\lg R_{o-b} = 0.33 M_s - 1.51.$$

Ускорение в очаговой зоне зависит от типов подвижек в очаге: для поддвигов -  $10 \text{ м/с}^2$ , для взбросов (надвигов) -  $8.7 \text{ м/с}^2$ , для взбросо-сдвигов -  $7.6 \text{ м/с}^2$ , для сдвигов -  $6.6 \text{ м/с}^2$ , для сбросо-сдвигов -  $5.8 \text{ м/с}^2$ , для сбросов -  $5 \text{ м/с}^2$ . При этом в очаговой зоне амплитуды не зависят от категории грунта.

Граница между ближней и дальней зонами находится на расстоянии:

$$\lg R_{б-д} = 0.33 M_s - 0.61.$$

Значение PGA на этой границе равно  $1.7 \text{ м/с}^2$  при любых условиях.

Преобладающий период (Т) ускорений определяем по формуле:

$$\lg T = 0.15 M_s + 0.25 \lg R_{гип} + C_1 - 1.9 \pm 0.20,$$

где  $R_{гип}$  - гипоцентрального расстояние, причём в ближней и очаговой зонах величина Т не зависит от расстояния;  $C_1 = -0.20$  для поддвигов,  $-0.10$  для взбросов,  $0.00$  - для сдвигов и  $0.10$  - для сбросов. При  $R_{гип} < R_{б-д}$  для расчётов используется величина  $R_{б-д}$ . Преобладающий период Т не зависит от типа грунта.

Продолжительность колебаний  $\tau$  в дальней зоне - по формуле:

$$\lg \tau = 0.15 M_s + 0.5 \lg R + C_1 + C_2 - 1.3,$$

где R - расстояние, на котором находится точка от очага землетрясения, коэффициент  $C_1$  равен  $0.25$  для сбросов,  $0.00$  для сдвигов и  $-0.25$  для взбросов,  $C_2$  равняется  $-0.15$  для грунтов 1-й категории,  $0.00$  для грунтов 2-й категории и  $0.4$  для грунтов 3-й категории. Общая продолжительность записи примерно в 5 раз превышает ширину импульса.

Сейсмическую интенсивность I с учётом продолжительности  $\tau$  - по формуле:

$$I = 2.5 \lg PGA + 1.25 \lg \tau + 1.05.$$

Результаты определения значений вышеотмеченных параметров сейсмических воздействий землетрясений с  $K \geq 13.6$  Баткенской области и прилегающих территорий приведены в таблице 2.

Таблица 2. Параметры сейсмических воздействий землетрясений в Баткенской области и прилегающих территорий за 1822-2017 гг.: границы очаговых и близких зон ( $R_{o-b}$ , км), границы близких и дальних зон ( $R_{б-д}$ , км); параметры преобладающих периодов колебаний (Т, сек), продолжительность колебаний ( $\tau$ , сек), интенсивность сотрясений (I, балл) с учетом продолжительности колебаний ( $\tau$ ) - ширины импульса землетрясений.

Year	month	day	lat	long	H	$M_s$	$R_{o-b}$	$R_{б-д}$	Т, сек	$\tau$ , сек.	I, балл
1822	9	1	40.3	71.5	12	6.9	5.9	47.0	0.17	2.11	8.8
1823	1	1	40.3	71.5	12	6.9	5.9	47.0	0.17	2.11	8.8
1869	3	25	39.9	69.5	30	6.1	3.1	24.8	0.13	1.14	8.5
1888	11	28	40.0	69.8	20	7.0	6.2	49.4	0.18	2.21	8.8
1893	11	5	39.5	69.4	40	6.5	4.4	35.0	0.15	1.59	8.7
1897	9	17	39.8	68.4	25	7.2	7.6	60.1	0.19	2.66	8.9
1897	9	17	39.9	68.0	45	7.3	7.9	63.1	0.20	2.79	9.0
1902	4	17	40.0	71.0	30	6.4	4.0	31.7	0.14	1.45	8.6
1902	8	12	39.5	68.5	35	6.6	4.6	36.8	0.15	1.67	8.7
1907	9	15	40.3	72.5	10	6.5	4.4	35.0	0.15	1.59	8.7
1907	9	19	40.3	72.5	14	6.1	3.1	24.8	0.13	1.14	8.5
1914	1	13	40.3	71.8	20	5.9	2.8	22.5	0.12	1.04	8.4
1923	12	20	39.5	72.0	15	6.2	3.4	27.4	0.14	1.26	8.5
1923	12	28	39.6	69.2	18	7.0	6.2	49.4	0.18	2.21	8.8
1926	4	11	40.6	69.5	18	5.9	2.8	22.5	0.12	1.04	8.4
1930	3	6	39.0	72.0	10	5.9	2.8	22.5	0.12	1.04	8.4
1932	10	29	39.2	72.2	20	6.5	4.2	33.3	0.15	1.52	8.6



1933	9	9	40.1	70.7	26	5.9	2.7	21.4	0.12	0.99	8.4
1939	5	30	39	70.45	6	6.2	3.4	27.4	0.14	1.26	8.5
1941	4	20	39.2	70.5	8	7.2	7.2	57.2	0.19	2.54	8.9
1941	4	26	39.3	70.6	10	6.1	3.3	26.1	0.13	1.20	8.5
1941	5	6	39.3	70.6	10	6.2	3.4	27.4	0.14	1.26	8.5
1942	2	28	39.2	70.9	10	6.1	3.3	26.1	0.13	1.20	8.5
1943	6	2	39.2	71.8	10	5.9	2.8	22.5	0.12	1.04	8.4
1948	11	22	39.2	68.1	30	5.9	2.8	22.5	0.12	1.04	8.4
1949	7	8	39.2	70.8	18	6.1	3.3	26.1	0.13	1.20	8.5
1949	7	10	39.2	70.8	16	8.1	14.3	113.8	0.26	4.90	9.3
1949	7	10	39.2	71.1	10	5.9	2.7	21.4	0.12	0.99	8.4
1949	7	10	39.1	71.0	10	6.1	3.3	26.1	0.13	1.20	8.5
1949	7	10	39.2	71.1	19	6.8	5.4	42.6	0.17	1.92	8.8
1949	7	10	39.1	71.0	14	6.8	5.4	42.6	0.17	1.92	8.8
1949	7	19	39.1	71.1	10	6.1	3.3	26.1	0.13	1.20	8.5
1951	4	14	39.1	71.6	25	6.5	4.2	33.3	0.15	1.52	8.6
1951	5	12	39.6	71.2	25	6.0	3.0	23.6	0.13	1.09	8.4
1955	7	19	39.7	68.0	14	5.9	2.7	21.4	0.12	0.99	8.4
1977	1	31	40.08	70.87	20	7.1	6.9	54.5	0.18	2.42	8.9
1977	6	3	40.0	71.82	15	6.3	3.6	28.8	0.14	1.32	8.5
1978	11	2	39.43	72.5	25	6.1	3.3	26.1	0.13	1.20	8.5
1978	11	2	39.4	72.38	10	5.9	2.7	21.4	0.12	0.99	8.4
1978	11	8	39.4	72.47	20	6.0	3.0	23.6	0.13	1.09	8.4
1982	5	6	40.17	71.5	20	6.4	4.0	31.7	0.14	1.45	8.6
1984	10	26	39.2	71.23	15	6.5	4.2	33.3	0.15	1.52	8.6
1985	10	13	40.28	69.8	10	6.5	4.4	35.0	0.15	1.59	8.7
1990	11	3	39.15	71.45	10	6.0	3.0	23.6	0.13	1.09	8.4
1995	2	20	39.38	71.03	4	5.9	2.7	21.4	0.12	0.99	8.4
2006	7	6	39.17	71.73		5.9	2.8	22.5	0.12	1.04	8.4
2007	1	8	39.7	70.35		6.7	4.9	38.6	0.16	1.75	8.7
2007	7	21	39.02	70.77		5.9	2.7	21.4	0.12	0.99	8.4
2011	7	19	40.12	71.45	17	6.2	3.4	27.4	0.14	1.26	8.5
2017	5	3	39.45	71.43	23	6.5	4.2	33.3	0.15	1.52	8.6
2017	5	5	39.43	71.5	18	6.1	3.1	24.8	0.13	1.14	8.5

Можно отметить, что радиус очаговой зоны ( $R_0$ -б) Исфара-Баткенского землетрясения ( $K=15.5$ ,  $M_s=7.1$ , 1977 г.) составил 6.9 км, Хаитского землетрясения ( $K=17.0$ ,  $M_s=8.1$ , 1949 г.) – 14.3 км. Тип подвижек в очагах, например, Исфара-Баткенского землетрясения ( $K=15.5$ ,  $M_s=7.1$ , 1977 г.) был взбросо-сдвиговой, Хаитского землетрясения ( $K=17.0$ ,  $M_s=8.1$ , 1949 г.) – вероятно поддвиговой. Ускорение в их очаговых зонах составляло  $7.6 \text{ м/с}^2$  и  $10 \text{ м/с}^2$ , соответственно.

На рисунках 2-5 приведены графики изменения расстояния границы между очаговой и ближней зонами, расстояния границы между ближней и дальней зонами, изменения преобладающего периода колебания, продолжительности сейсмических колебаний (ширина импульса) в зависимости от магнитуды поверхностных сейсмических волн.

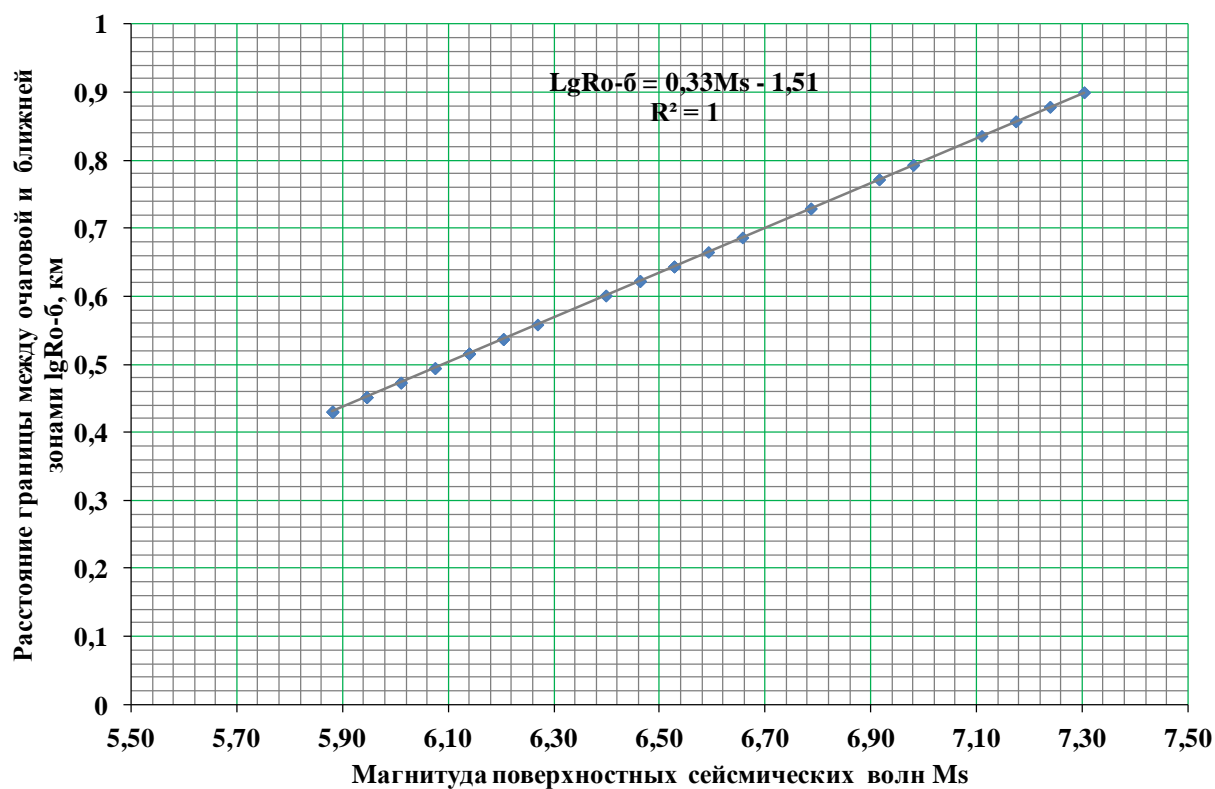


Рисунок 2. График изменения расстояния границы между очаговой и ближней зонами в зависимости от магнитуды поверхностных сейсмических волн.

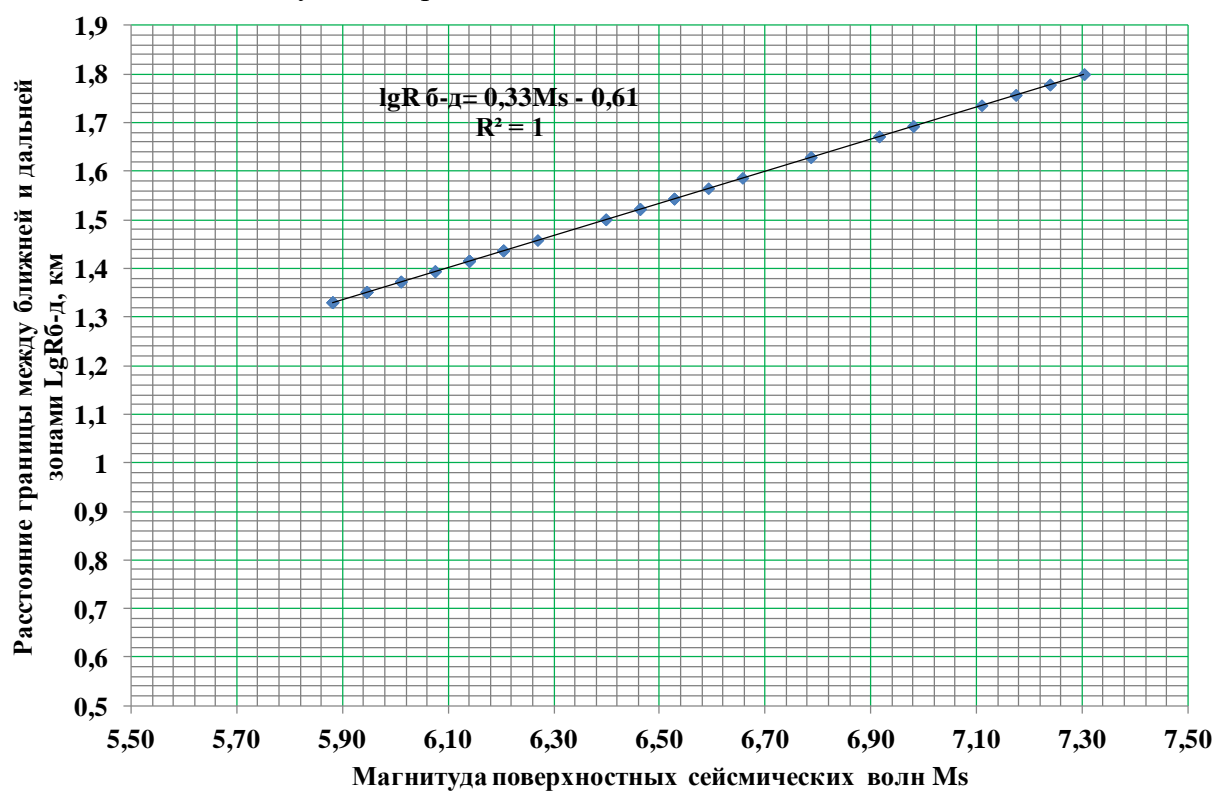


Рисунок 3. График изменения расстояния границы между ближней и дальней зонами в зависимости от магнитуды поверхностных сейсмических волн.

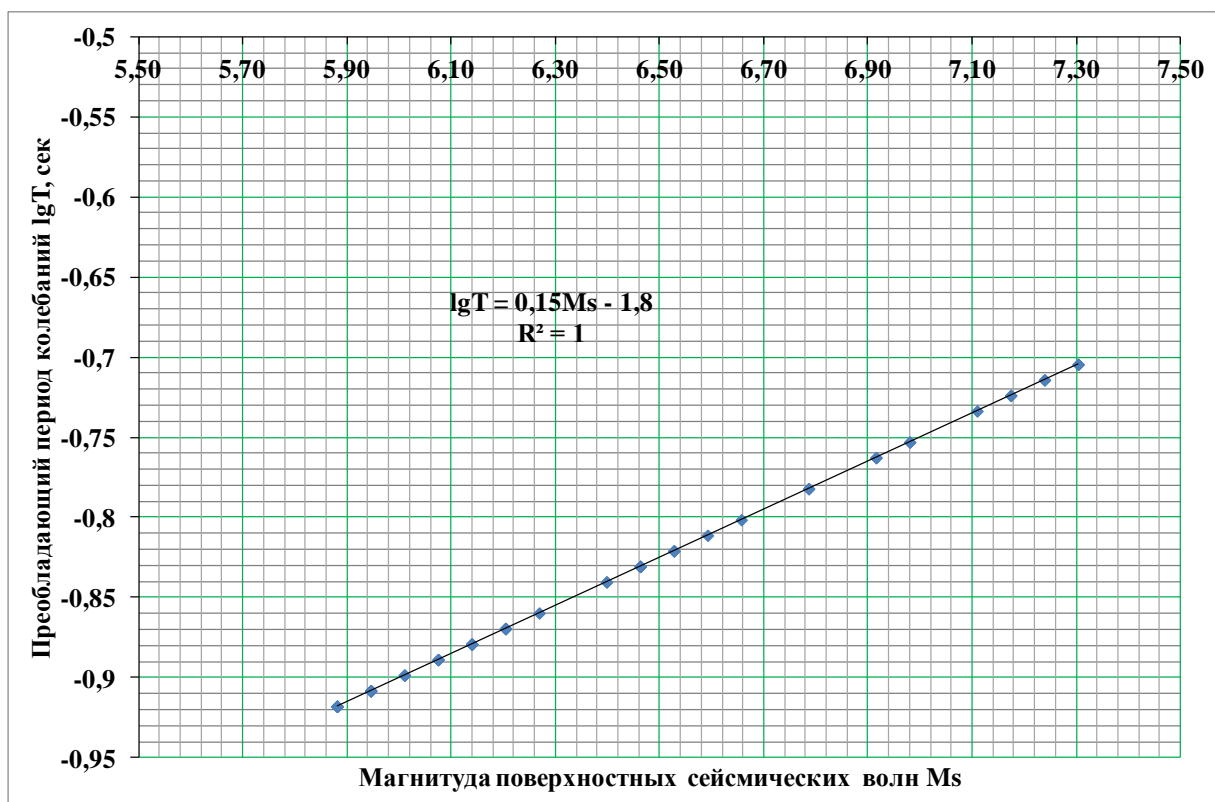


Рисунок 4. График изменения преобладающего периода колебания в зависимости от магнитуды поверхностных сейсмических волн.

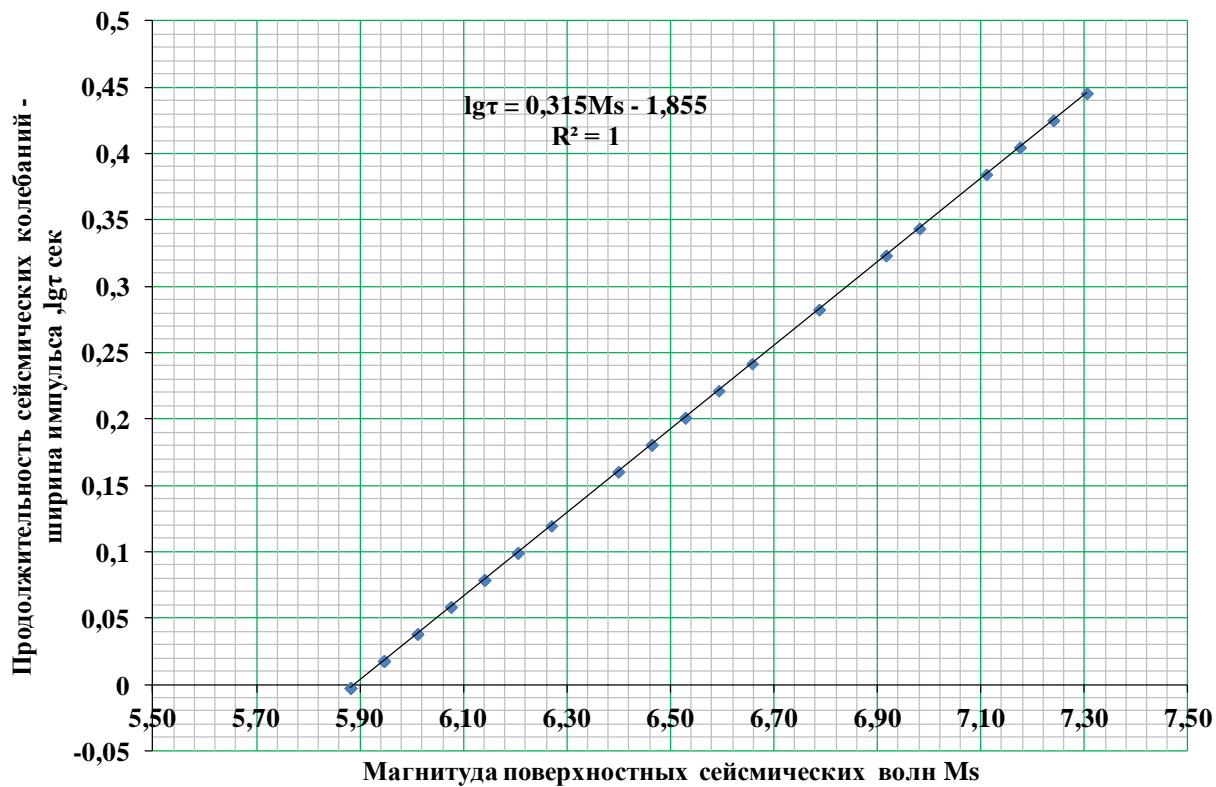


Рисунок 5. График изменения продолжительности сейсмических колебаний (ширина импульса) в зависимости от магнитуды поверхностных сейсмических волн.



На рисунках 6-8 приведены графики изменения преобладающего периода, продолжительности колебаний (ширины импульса), сейсмической интенсивности (с учётом продолжительности колебания) в последовательности проявления землетрясений с  $K \geq 13.6$  на территории Баткенской области и прилегающих районов. На этих графиках выделяется поэтапно иерархия сейсмических циклов третьего, второго и первого порядков сейсмических воздействий. Каждый цикл состоит из периода активизации, пика и спада сейсмической активизации, и периода затишья.

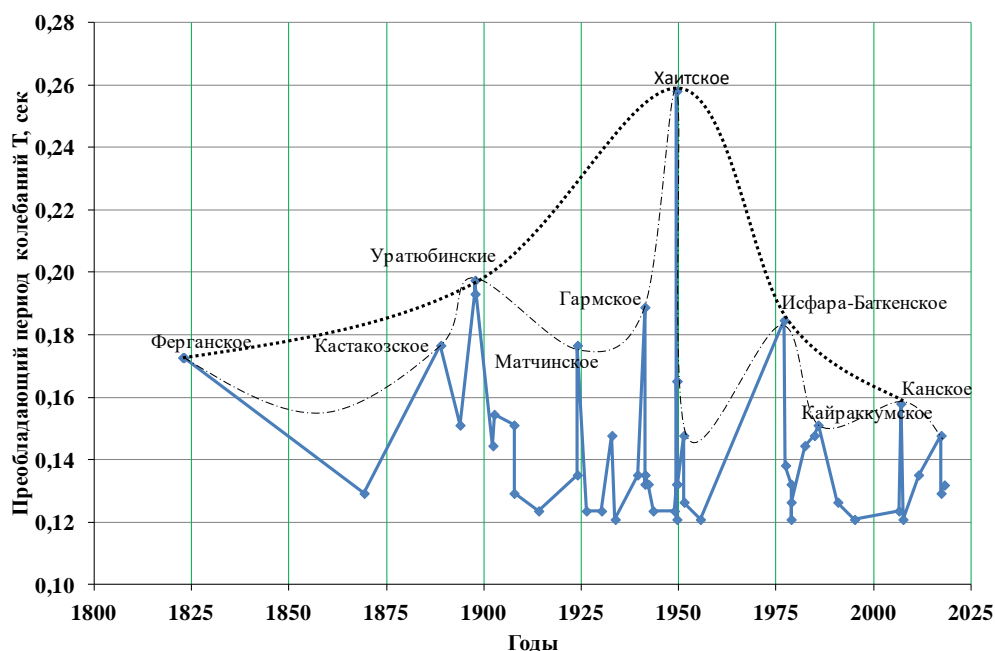


Рисунок 6. График изменения преобладающего периода в последовательности проявления землетрясений, произошедших на территории Баткенской области и прилегающих районов. Точечными линиями обозначены циклы второго порядка, пунктирными линиями – циклы третьего порядка.

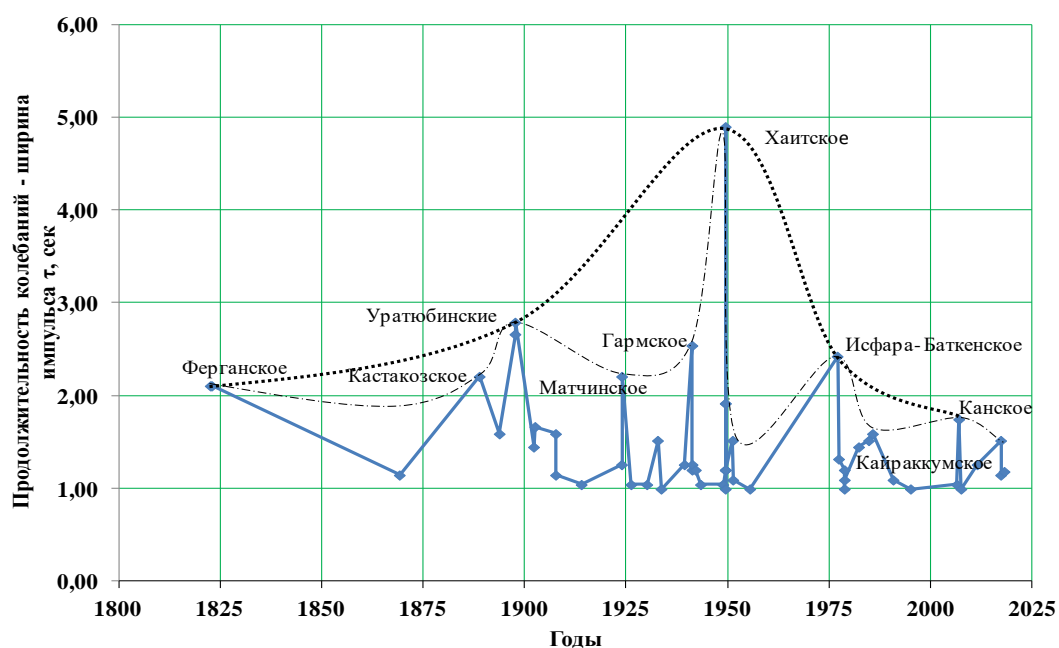


Рисунок 7. График изменения продолжительности колебаний (ширины импульса) в последовательности проявления землетрясений Баткенской области и прилегающих территорий. Точечными линиями обозначены циклы второго порядка, пунктирными линиями – циклы третьего порядка.

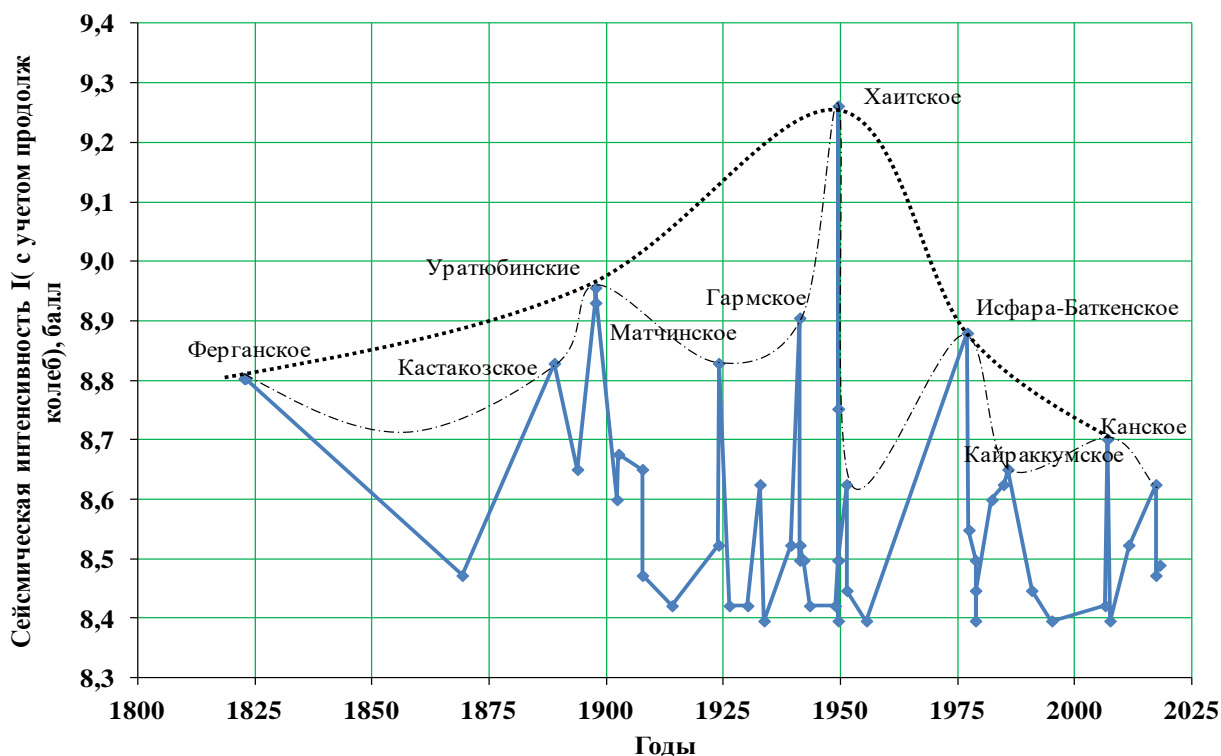


Рисунок 8. График изменения сейсмической интенсивности (с учётом продолжительности колебания) в последовательности проявления очагов землетрясений Баткенской области и прилегающих территорий. Точечными линиями обозначены циклы второго порядка, пунктирными линиями – циклы третьего порядка.

На рисунках 9 приведено пространственное распределение глубины землетрясений с  $K \geq 13.6$  Баткенской области и прилегающих территорий за 1822-2020 гг. В распределении гипоцентров данных землетрясений выделяются очаговые зоны с относительно большими глубинами (25-35 км) в центральности части территории. Между этими очаговыми зонами и на юго-восточной части исследуемой территории гипоцентры имеют незначительные (около 15 км) значения.

На рисунках 10 - 11 приведено пространственное распределение преобладающего периода  $T$ , продолжительности колебаний (ширины импульса) землетрясений с Баткенской области и прилегающих территорий за 1822-2020 гг.

Границы очаговых и близких зон землетрясений с  $K \geq 13.6$  приведены на рис.12.

На основании имеющихся данных (моментной магнитуды  $M$ ) землетрясений, используя широко известные формулы [6], определены, в частности, максимальная подвижка ( $MD$ ), длина разрыва поверхности ( $SRL$ ), область разрыва ( $RA$ ) при подвижках типа взброс с учётом неопределённостей (0.42, 0.20, 0.26):

$$\log(MD) = -1.84 + 0.29 * M + 0.42 \quad (5)$$

$$\log(SRL) = -2.86 + 0.63 * M + 0.20 \quad (6)$$

$$\log(RA) = -3.99 + 0.98 * M + 0.26 \quad (7)$$

При этом предполагалось, что время подготовки ( $T$ , год) землетрясения можно определить через кажущиеся скорости скольжения сейсмогенерирующего разлома ( $v = 0.01 - 0.007$  см/год) Тянь-Шаня по формуле:

$$T = MD/v. \quad (8)$$

Результаты расчёта максимально возможных параметров разломов рассматриваемых землетрясений приведены в таблице 3.

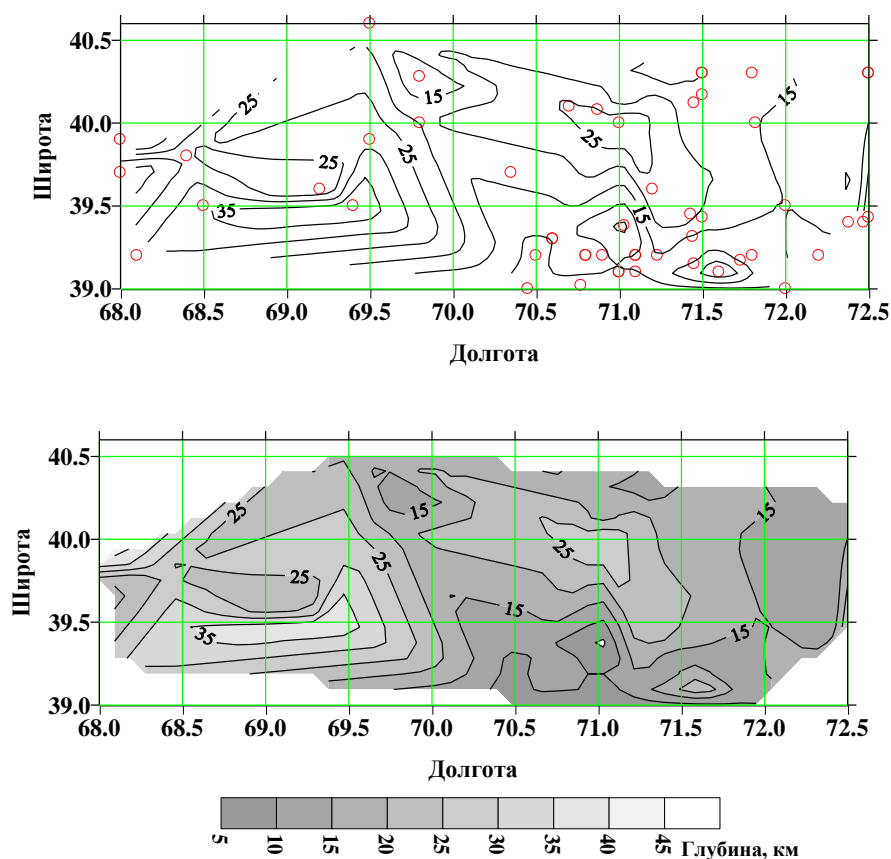


Рисунок 9. Распределение в пространстве глубины землетрясений с  $K \geq 13.6$  Баткенской области и прилегающих территорий за 1822-2020 гг.

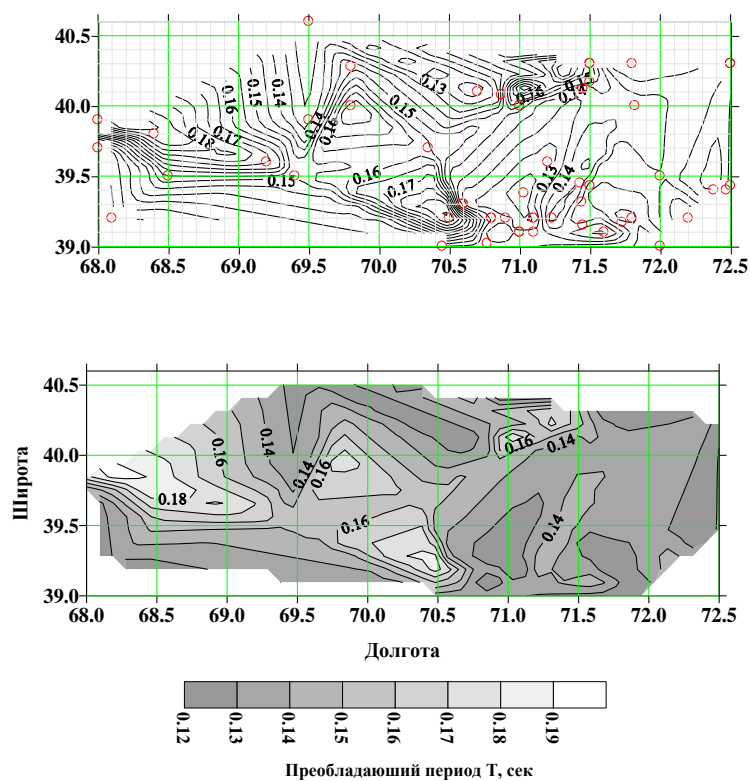


Рисунок 10. Распределение в пространстве преобладающего периода  $T$ , сек землетрясений с  $K \geq 13.6$  Баткенской области и прилегающих территорий за 1822-2020 гг.

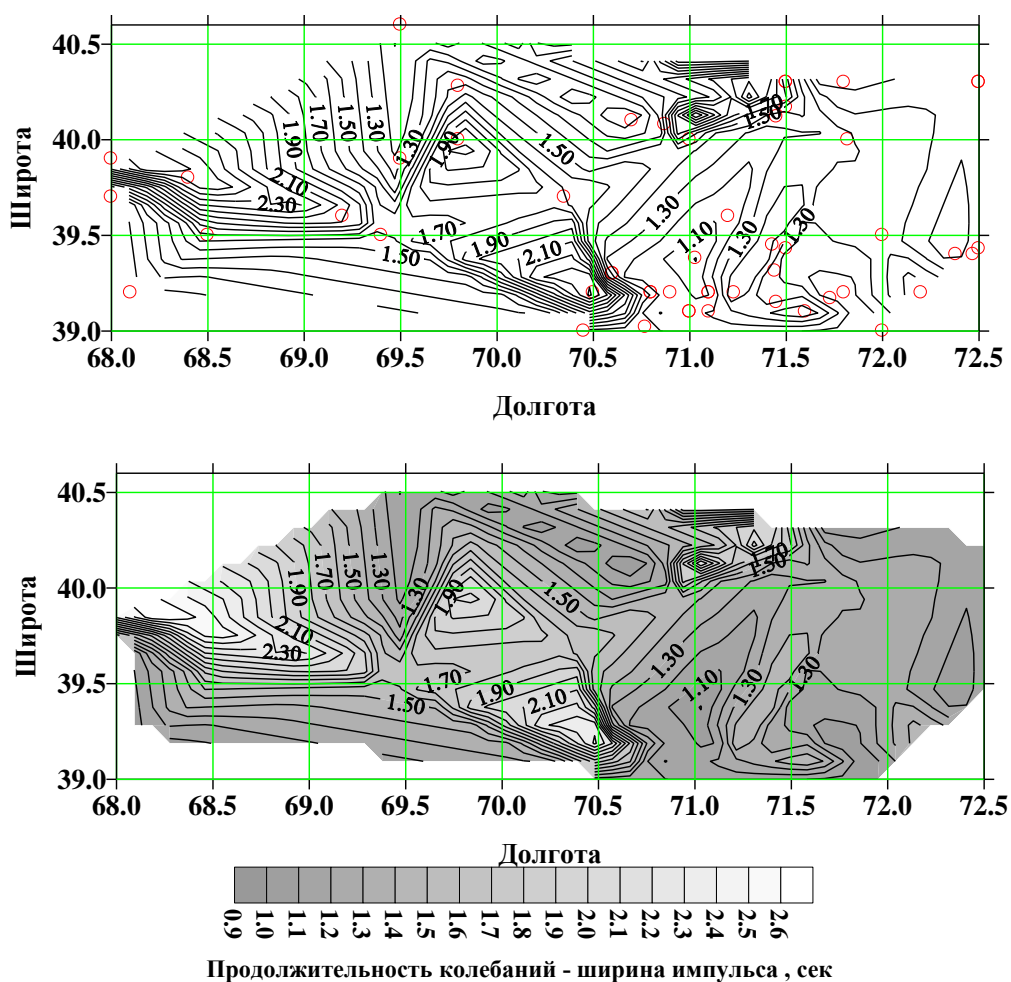


Рисунок 11. Распределение в пространстве продолжительности колебаний (ширины импульса) землетрясений с  $K \geq 13.6$  Баткенской области и прилегающих территорий за 1822-2020 гг.

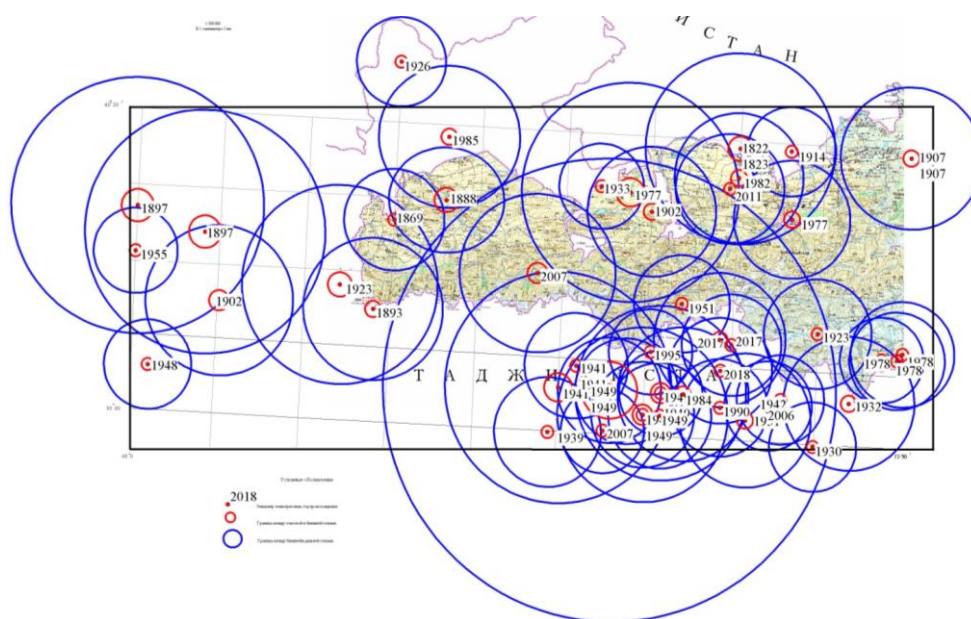


Рисунок 12. Границы очаговых и близких зон землетрясений с  $K \geq 13.6$  Баткенской области и приграничных районов за 1822-2020 гг. Точкой красного цвета обозначен

эпицентр землетрясения; кружочками красного цвета - границы очаговых зон; кружочками синего цвета - границы ближних зон.

Таблица 3. Максимально возможные параметры разломов землетрясений ( $M_w \geq 6.0$ ) Баткенской области и приграничных районов: максимальная подвижка (MD, м), время подготовки землетрясения (T, год) при значениях скоростей смещения  $v=0.01-0.007$ , длина разрыва поверхности (SRL, км), область разрыва (RA, км<sup>2</sup>).

Year	mon	day	lat	long	Ms	Mw	MD, м	T, год		SRL, км	RA, км <sup>2</sup>
								$v=0.01$	$v=0.007$		
1822	9	1	40.3	71.5	6.9	6.85	3.68	367.6	525.7	45.0	953.4
1823	1	1	40.3	71.5	6.9	6.85	3.68	367.6	525.7	45.0	953.4
1869	3	25	39.9	69.5	6.1	6.14	2.29	229.4	327.1	16.2	193.7
1888	11	28	40.0	69.8	7.0	6.91	3.84	383.7	548.6	49.4	1101.5
1893	11	5	39.5	69.4	6.5	6.46	2.84	284.4	405.7	25.8	400.7
1897	9	17	39.8	68.4	7.2	7.17	4.55	455.2	650.0	71.6	1963.2
1897	9	17	39.9	68.0	7.3	7.23	4.75	475.1	678.6	78.5	2268.3
1902	4	17	40.0	71.0	6.4	6.33	2.61	261.1	372.9	21.4	300.2
1902	8	12	39.5	68.5	6.6	6.53	2.97	296.9	424.3	28.3	463.0
1907	9	15	40.3	72.5	6.5	6.46	2.84	284.4	405.7	25.8	400.7
1907	9	19	40.3	72.5	6.1	6.14	2.29	229.4	327.1	16.2	193.7
1914	1	13	40.3	71.8	5.9	6.05	2.17	216.5	310.0	14.2	159.3
1923	12	20	39.5	72.0	6.2	6.14	2.30	229.7	328.6	16.2	194.6
1923	12	28	39.6	69.2	7.0	6.91	3.84	383.7	548.6	49.4	1101.5
1926	4	11	40.6	69.5	5.9	6.05	2.17	216.5	310.0	14.2	159.3
1930	3	6	39.0	72.0	5.9	6.05	2.17	216.5	310.0	14.2	159.3
1932	10	29	39.2	72.2	6.5	6.40	2.73	272.5	390.0	23.5	346.8
1933	9	9	40.1	70.7	5.9	6.01	2.10	210.3	300.0	13.4	144.5
1939	5	30	39.0	70.45	6.2	6.14	2.30	229.7	328.6	16.2	194.6
1941	4	20	39.2	70.5	7.2	7.10	4.36	436.2	622.9	65.2	1699.1
1941	4	26	39.3	70.6	6.1	6.18	2.36	236.1	337.1	17.2	213.6
1941	5	6	39.3	70.6	6.2	6.14	2.30	229.7	328.6	16.2	194.6
1942	2	28	39.2	70.9	6.1	6.18	2.36	236.1	337.1	17.2	213.6
1943	6	2	39.2	71.8	5.9	6.05	2.17	216.5	310.0	14.2	159.3
1948	11	22	39.2	68.1	5.9	6.05	2.17	216.5	310.0	14.2	159.3
1949	7	8	39.2	70.8	6.1	6.18	2.36	236.1	337.1	17.2	213.6
1949	7	10	39.2	70.8	8.1	8.00	7.94	793.6	1134.3	239.4	12840.1
1949	7	10	39.2	71.1	5.9	6.01	2.10	210.3	300.0	13.4	144.5
1949	7	10	39.1	71.0	6.1	6.18	2.36	236.1	337.1	17.2	213.6
1949	7	10	39.2	71.1	6.8	6.72	3.37	337.5	481.4	37.4	714.1
1949	7	10	39.1	71.0	6.8	6.72	3.37	337.5	481.4	37.4	714.1
1949	7	19	39.1	71.1	6.1	6.18	2.36	236.1	337.1	17.2	213.6
1951	4	14	39.1	71.6	6.5	6.40	2.73	272.5	390.0	23.5	346.8
1951	5	12	39.6	71.2	6.0	6.10	2.23	222.9	318.6	15.2	175.7
1955	7	19	39.7	68.0	5.9	6.01	2.10	210.3	300.0	13.4	144.5
1977	1	31	40.08	70.87	7.1	7.04	4.18	417.9	597.1	59.4	1470.5
1977	6	3	40.0	71.82	6.3	6.21	2.40	239.7	342.9	17.8	224.8
1978	11	2	39.43	72.5	6.1	6.18	2.36	236.1	337.1	17.2	213.6
1978	11	2	39.4	72.38	5.9	6.01	2.10	210.3	300.0	13.4	144.5

1978	11	8	39.4	72.47	6.0	6.10	2.23	222.9	318.6	15.2	175.7
1982	5	6	40.17	71.5	6.4	6.33	2.61	261.1	372.9	21.4	300.2
1984	10	26	39.2	71.23	6.5	6.40	2.73	272.5	390.0	23.5	346.8
1985	10	13	40.28	69.8	6.5	6.46	2.84	284.4	405.7	25.8	400.7
1990	11	3	39.15	71.45	6.0	6.10	2.23	222.9	318.6	15.2	175.7
1995	2	20	39.38	71.03	5.9	6.01	2.10	210.3	300.0	13.4	144.5
2006	7	6	39.17	71.73	5.9	6.05	2.17	216.5	310.0	14.2	159.3
2007	1	8	39.7	70.35	6.7	6.59	3.10	309.8	442.9	31.0	534.9
2007	7	21	39.02	70.77	5.9	6.01	2.10	210.3	300.0	13.4	144.5
2011	7	19	40.12	71.45	6.2	6.14	2.30	229.7	328.6	16.2	194.6
2017	5	3	39.45	71.43	6.5	6.40	2.73	272.5	390.0	23.5	346.8
2017	5	5	39.43	71.5	6.1	6.14	2.29	229.4	327.1	16.2	193.7

В качестве примера следует отметить, что при Хаитском землетрясении (1949 г.,  $M_w = 8.0$ ) максимально возможная величина подвижки составляла бы около  $MD=7.9$  м, время подготовки порядка  $T=794-1134$  года, длина поверхности разрыва  $SRL=239$  км, область разрыва  $RA=12840$  км<sup>2</sup>. При Исфара-Баткенском землетрясении (1977 г.,  $M_w = 7.0$ ) -  $MD=4.1$  м,  $T=418-597$  года,  $SRL=59$  км, область разрыва  $RA=1470$  км<sup>2</sup>. Однако эти возможные величины параметров фактически ещё не обнаружены. Их можно рассматривать в качестве задачи при дальнейшем исследовании.

### Заключение

1. Изучено пространственно-временное распределение землетрясений с  $K \geq 13.6$  на площади, ограниченной  $\varphi=39^\circ-40^\circ 40'$ ,  $\lambda=68^\circ-72^\circ 30'$  за 1822-2020 гг., что является важным условием для всестороннего анализа сейсмической опасности.
2. На основании данных энергетических классов землетрясений с использованием общеизвестных формул определены значения локальной магнитуды  $M$ , магнитуды по поверхностным волнам  $M_s$  и моментной магнитуды  $M_w$ . По данным сводов правил СП ХХХ.1325800.2017, СП 408.1325800.2018 Российской Федерации [4, 5] впервые оценены параметры сейсмических воздействий: границы очаговых и близких зон ( $R_{об}$ , км), границы близких и дальних зон ( $R_{б-д}$ , км), преобладающие периоды колебаний ( $T$ , сек), продолжительность колебаний ( $t$ , сек), интенсивность сотрясений ( $I$ , балл) с учётом ширины импульса колебаний, а также значения пиковых ускорений в очаговых зонах в зависимости механизмов очагов.
3. В последовательности проявления землетрясений с характерными параметрами сейсмических воздействий установлена иерархия сейсмических циклов. Каждый цикл состоит из периода активизации, пика и спада сейсмической активизации и периода затишья. Так, в цикле второго порядка Ферганское землетрясение (ЗТ) (1823 г.) проявилось в период затишья, Уратюбинские ЗТ (1897 г.) проявились в период активизации, Хаитское ЗТ (1949 г.) с максимальными параметрами сейсмического воздействия проявилось на пике сейсмической активизации, Исфара-Баткенское ЗТ (1977 г.) - в период спада активизации, Канское ЗТ (2007 г.) - в период повторного затишья.
4. Построены карты – схемы распределения параметров сейсмических воздействий в частности очаговых зон землетрясений с  $K \geq 13.6$  на площади, ограниченной координатами  $\varphi=39^\circ-40^\circ 40'$ ,  $\lambda=68^\circ-72^\circ 30'$  за 1822-2020 гг.
5. На основании имеющихся данных моментной магнитуды  $M_w$  землетрясений, используя широко известные формулы [6] определены максимальные возможные параметры разломов очаговых зон, в частности - максимальная подвижка ( $MD$ ), длина разрыва поверхности ( $SRL$ ), область разрыва ( $RA$ ) при подвижках типа взброс, время подготовки землетрясения ( $T$ , год).



**Литература**

1. IASPEI, volume 1, Editor P. Borman. Potsdam. 2002. P.356
2. USGS (2013) The Preliminary Determination of Epicenters (PDE) Bulletin. <http://earthquake.usgs.gov/research/data/pde.php>. Accessed 17 January 2013
3. Gutenberg B., Richter C. F. Earthquake magnitude, intensity, energy, and acceleration: (Second paper). //Bulletin of the Seismological Society of America, 1956, Vol. 46 (2), pp.105–145.
4. Детальное сейсмическое районирование и сейсмомикрорайонирование для территориального планирования. Свод правил СП XXX.1325800.2017. М.: Минстрой России 2017.
5. Детальное сейсмическое районирование. Свод правил СП 408.1325800.2018. М.: Минстрой России, Стандартиформ, 2019.
6. Wells D. L. and Coppersmith K. J. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. // Bull. Seismol. Soc. Am., 1994, Vol.84, N4, pp. 974–1002.

*Рецензент: к. г-м. н. А.Б. Джумабаева*