

УДК 550. 34

Вольхина Е.Т.

*Институт сейсмологии НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан***ЗАТУХАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ A_p/T_p ПО МАТЕРИАЛАМ НАБЛЮДЕНИЙ
СЕЙСМИЧЕСКОЙ СЕТИ ИС НАН КР (KRNET)**

Аннотация. Рассматриваются индивидуальные и сводные графики затухания значений A_p/T_p для землетрясений Кыргызстана в диапазоне энергетических классов $K_p = 3.0 - 15.0$ и эпицентральных расстояний до 500 км. Отмечаются различия в степени спада графиков и коэффициенте корреляции значений для разных энергетических классов и эпицентральных районов.

Ключевые слова: землетрясение, энергетический класс K_p , графики затухания A_p/T_p .

**КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫ УИА СИНИН СЕЙСМИКАЛЫК ТҮЙҮНҮНҮН
(KRNET) БАЙКООЛОРУНУН МАТЕРИАЛДАРЫ БОЮНЧА A_p/T_p
МААНИЛЕРИНИН ӨЧҮҮСҮ**

Кыскача мазмуну. Кыргызстандын $K_p = 3.0 - 15.0$ энергетикалык класстар диапазонундагы жана 500 кмге чейинки эпиборбордук аралыктардагы жер титирөөлөрү үчүн A_p/T_p маанилеринин өчүүсүнүн жекече жана жыйнакталган графиктери караштырылышат. Ар түрдүү энергетикалык класстар жана эпиборбордук райондор үчүн графиктердин төмөндөө даражасындагы жана маанилерди тууралоо коэффициентиндеги айырмачылыктар белгиленет.

Негизги сөздөр: жер титирөө, K_p энергетикалык классы, A_p/T_p өчүү графиктери.

**ATTENUATION OF A_p/T_p VALUES BASED ON OBSERVATIONAL DATA
FROM THE IS NAS KR SEISMIC NETWORK (KRNET)**

Annotation. The individual and summary graphs of attenuation of A_p/T_p values for earthquakes of Kyrgyzstan in the range of energy classes $K = 3.0 - 15.0$ and epicentral distances before 500 km are considered. There are differences in the degree of graph decline and the correlation coefficient of values for different energy classes and epicentral regions.

Keywords: earthquake, energy class K_R , graphs of attenuation of A_p/T_p values.

Энергетическая оценка землетрясения является одним из основных параметров сейсмического события. На основе этого параметра осуществляются исследования сейсмичности. Поэтому большое значение имеет точность оценки этого параметра. К энергетическим характеристикам землетрясений, определяемым по данным инструментальных наблюдений, относятся энергетический класс землетрясения K_p и разные виды магнитуд. В настоящее время в Институте сейсмологии НАН КР (ИС НАН КР) определяются: K_p , M_{pv} , M_s . Наиболее употребительна магнитуда M_{pv} . Для оценки M_{pv} необходимо измерить амплитуду и период максимальной фазы P -волны, которая обычно чётко видна на сейсмограмме.

В основе номограммы определения любой энергетической оценки лежит график затухания амплитуды используемой волны с расстоянием. Номограмма, применяемая в ИС НАН КР для определения M_{pv} , была составлена по данным измерений амплитуд P -волн землетрясений Средней Азии [1]. Очевидно, что при построении сводной калибровочной кривой для такой большой территории, состоящей из разных по геологическим условиям участков, разброс амплитуд должен быть существенным. Более того, со времени составления этой номограммы произошли некоторые изменения в системе наблюдений (аппаратура, местоположение станций) ИС НАН КР. В работе [2] на основе анализа графиков затухания A_p/T_p для землетрясений Кыргызстана было проведено исследование соответствия используемой номограммы по накопленным за последние годы данным. В итоге проделанной работы ставится вопрос о необходимости уточнения калибровочной кривой. В работе [2] были рассмотрены события в диапазоне $K_p \geq 8.0$. В настоящей статье рассмотрены данные в более широком энергетическом диапазоне.

В работе использованы бюллетени землетрясений с $K_p \geq 3.0$ Центра Данных ИС НАН КР за 2012-2018 гг.

Для слабых землетрясений с $K_p = 3.0 - 6.0$ были использованы данные за 2016 г. На рисунке 1 приведены сводные графики затухания A_p/T_p по этим данным, где A_p – максимальная амплитуда P -волны и T_p – период измеренной амплитуды. Графики с большим рассеянием данных можно осреднить степенной функцией. Степень затухания осредняющих кривых для самых слабых землетрясений ($K_p = 3.0 - 4.0$) составляет -0.9 , для $K_p = 5.0$ он составляет -1.1 и с $K_p = 6.0$ он равен -1.3 .

Коэффициент корреляции остаётся низким для всех классов и равен примерно 0.4.

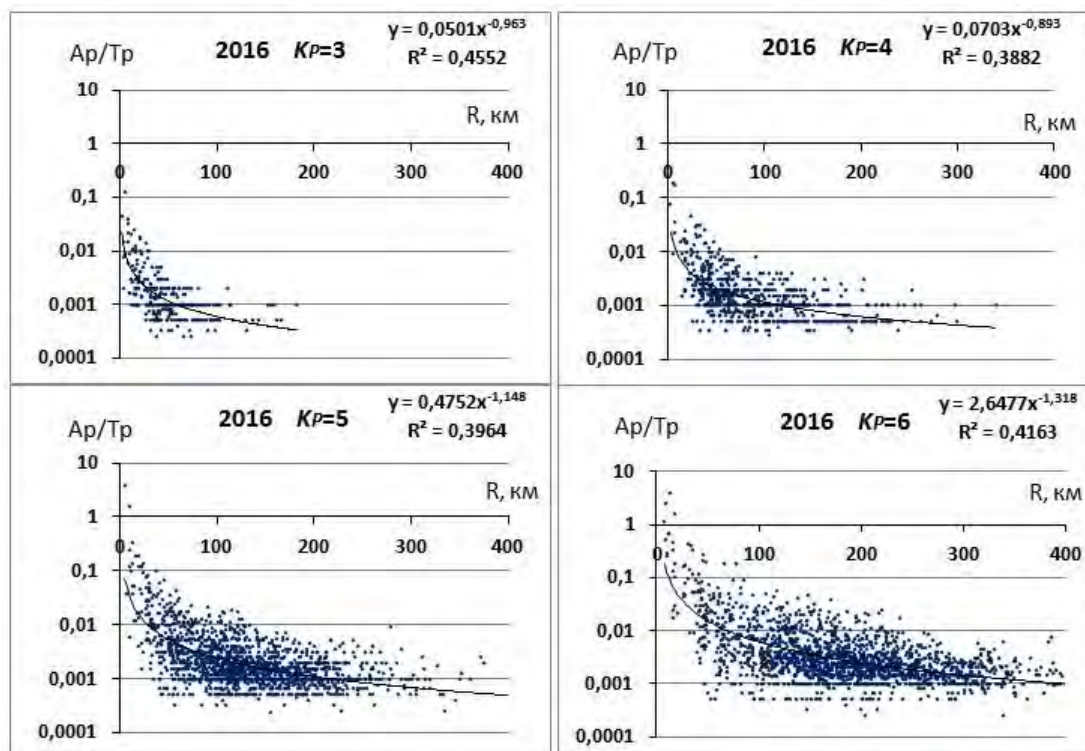


Рисунок 1. Сводные графики затухания для слабых землетрясений с $K_p = 3.0-6.0$ за 2016 г.

Для землетрясений с $K_P = 10.0$ (рисунок 2) были использованы данные за 2016 год, а для $K_P = 12.0$ - за 2012-2018 гг. (52 землетрясения). Оказалось, что количество данных неравномерно представлено в разных диапазонах эпицентральных расстояний.

Для более сильных землетрясений с $K_P = 10.0-12.0$ степень спада кривой остаётся такой же, как для землетрясений с $K_P = 6.0$, и составляет -1.3 (рисунок 2). Возможно, что более быстрый спад для событий с $K_P = 3.0-4.0$ связан с более высокими частотами колебаний, которые быстро затухают.

На всех сводных графиках наблюдается значительное рассеяние значений ($R^2 = 0.4$), а для событий с $K_P = 10.0-12.0$ оно даже несколько увеличивается и составляет 0.3.

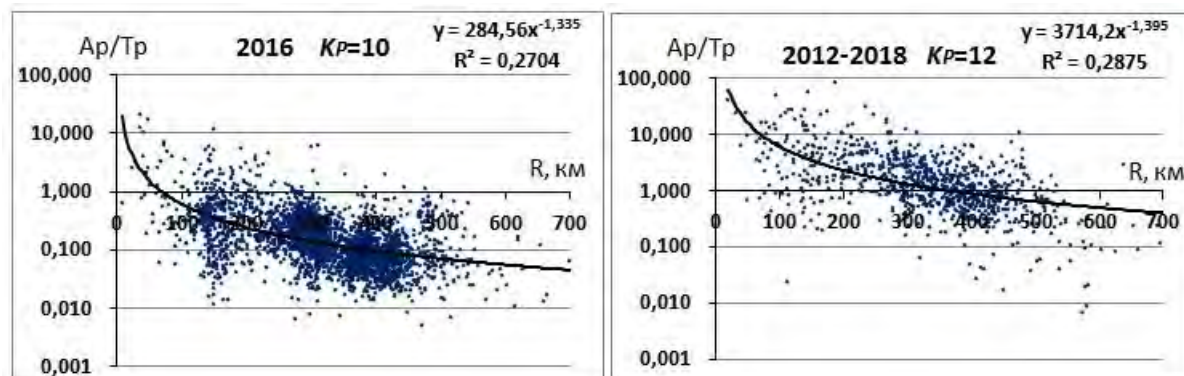


Рисунок 2. Сводный график затухания для землетрясений с $K=10.0$ за 2016 г. (слева) и для $K=12.0$ (справа).

При этом наблюдается увеличение разброса на эпицентральных расстояниях 100-200 км, а для событий с $K_P = 12.0$ ещё и на расстояниях 400-500 км, но менее значительный. Увеличение разброса значений на определённых эпицентральных расстояниях может быть связанным с вступлением или наложением волн другой природы (например, отражённые, рефрагированные).

Следует отметить, что разброс значений A_p/T_p наблюдается не только на сводных графиках, но и на индивидуальных. На рисунок 3 приведён пример графика, где отчётливо видно увеличение разброса значений на эпицентральных расстояниях около 200 км.

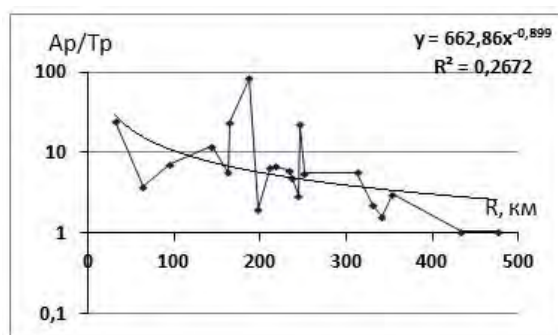


Рисунок 3. График затухания значений A_p/T_p для землетрясения 16 мая 2017 г., $K_P = 12.2$, $\varphi = 42^\circ 05'$, $\lambda = 71^\circ 57'$.

Для землетрясений с $K_P = 13.0$ (всего 9 землетрясений, таблица 1) не удалось получить хорошего осреднения сводного графика. Построение индивидуальных графиков для каждого отдельного землетрясения показало, что разброс уровней осредняющих кривых составляет более двух порядков, а степень спада кривых меняется от -0.4 до -4.8 .

Таблица 1. Список землетрясений с K_p более 13.5.

Год	Месяц	Число	Час	Мин	Сек	Широта	Долгота	Глубина	Мрв	КМАГ
2011	7	19	19	35	43.86	40.12	71.45	17	6.49	14.1
2012	5	30	21	20	55.99	43.45	78.77	19	6.28	13.86
2013	1	28	16	38	53.94	42.59	79.68	16	6.81	15.06
2013	5	24	22	18	31.87	40.85	69.11	-	5.89	13.66
2015	11	17	17	29	36.49	40.31	73.16	13	6.36	14.07
2016	6	26	11	17	9.37	39.43	73.32	-	6.68	15.13
2016	11	25	14	24	27.57	39.16	73.95	-	6.79	15.42
2017	5	3	4	47	11.73	39.46	71.44	23	6.54	14.53
2017	5	5	5	9	33.67	39.43	71.50	18	6.28	13.89

На рисунке 4 показаны графики для трёх землетрясений из разных эпицентральных районов. Видно, что они различаются и по степени спада, и по коэффициенту корреляции. К сожалению, для всех этих землетрясений нет данных в диапазоне расстояний 0-100 км. Однако, графики (рисунок 4) на расстоянии около 100 км довольно близко подходят друг к другу и можно полагать, что в этом диапазоне расстояний они спадают по одному закону, а затем угол наклона для разных событий начинает различаться. Для землетрясения из района Кок-Шаала (верхняя кривая на рисунке 4) спад наименьший (показатель степени равен -1.17) и коэффициент корреляции очень низкий ($R^2 = 0.174$). Наибольший спад наблюдается для землетрясения из района Таджикско-Узбекской границы (нижний график на рисунок 4), но коэффициент корреляции выше. Самый высокий коэффициент корреляции оказался для землетрясения из Центральной части Тянь-Шаня (средний график) – $R^2 = 0.7034$.

На рисунке 5 показаны графики затухания для двух землетрясений из района посёлка Нура. Для них значения степени спада наименьшие (рисунок 5). Вероятнее всего это обусловлено набором эпицентральных расстояний, где отсутствует начальная часть графика.

Для землетрясений с $K_p=15.0$ оказалось слишком мало данных, особенно в начальной части графика. Полностью отсутствуют данные для расстояний 0-100 км (рисунок 6).

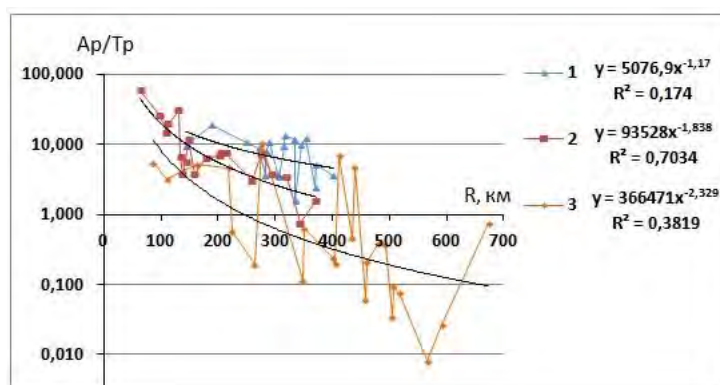


Рисунок 4. Графики затухания для землетрясений из разных эпицентральных районов: район Кок-Шаала (верхний график); центральная часть Тянь-Шаня (средний) и граница Таджикистана и Узбекистана (нижний график).

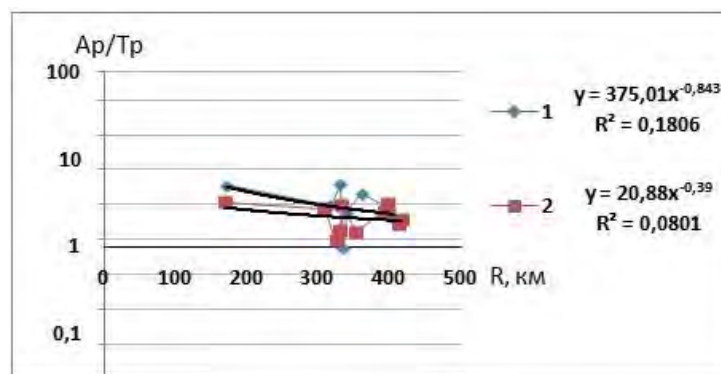


Рисунок 5. Графики затухания для двух землетрясений из района посёлка Нура.

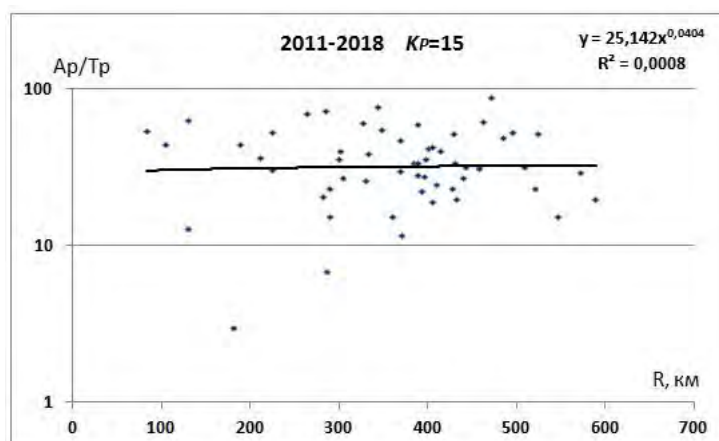


Рисунок 6. Сводный график затухания для землетрясений с $K_p = 15.0$.

Выводы

Построение индивидуальных графиков затухания значений A_p/T_p , а также сводных графиков по каждому энергетическому классу, показало:

- степень спада сводных кривых для землетрясений энергетического класса $K_p = 6.0-12.0$ остаётся примерно одинаковой, составляет 1.3 и хорошо согласуется с результатами работы [2] (для более сильных землетрясений из-за малого их количества однозначного ответа получить не удалось);
- сводные графики по всем энергетическим классам имеют значительный разброс значений (коэффициент корреляции составляет 0.4);
- начиная с $K_p = 10.0$, на сводных графиках и некоторых индивидуальных, наблюдается увеличение разброса значений в диапазоне эпицентральных расстояний 100-200 км;
- индивидуальные графики даже для землетрясений одинакового энергетического класса из разных эпицентральных районов могут значительно различаться как по общему уровню осредняющей кривой, так и по степени спада значений с увеличением эпицентрального расстояния. По-видимому, это одна из причин большого разброса значений A_p/T_p на сводных графиках. В дальнейшем следует более детально рассмотреть этот вопрос.

Литература

1. Михайлова Н.Н., Неверова Н.П. (1986). Калибровочная функция для определения MPVA землетрясений Северного Тянь-Шаня //Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне. Алма-Ата: Наука, 1986, 145 с.
2. Фролова А.Г. К проблеме магнитудной калибровки землетрясений Кыргызстана по записям продольных волн.// Вестник Института сейсмологии НАН КР, Бишкек: www.seismo.kg, 2018 г.

Рецензент: к.ф.-м.н. Фролова А.Г.