

УДК 550. 34

Фролова А.Г.

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

К ПРОБЛЕМЕ МАГНИТУДНОЙ КАЛИБРОВКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА ПО ЗАПИСЯМ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН

Аннотация. Статья посвящена исследованию соответствия используемой калибровочной кривой для определения магнитуды M_{pv} по накопленным экспериментальным данным. Приведено обоснование необходимости её уточнения.

Ключевые слова: землетрясение, магнитуда, калибровочная функция.

УЗУНУНАН КЕТКЕН ТОЛКУНДАРДЫ ЖАЗЫП АЛУУЛАР БОЮНЧА КЫРГЫЗСТАНДЫН ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРҮН МАГНИТУДАЛЫК КАЛИБРОВКАЛОО КӨЙГӨЙ МАСЕЛЕСИНЕ КАРАТА

Кыскача мазмуну. Макала колдонулуп жаткан M_{pv} магнитудасын аныктоо үчүн калибровкалоочу ийри сызыктын топтолгон эксперименталдык маалыматтарга дал келүүсүн изилдөөгө арналган. Аны тактоонун зарылдыгынын негиздемеси келтирилген.

Негизги сөздөр: жер титирөө, магнитуда, калибровкалоо функциясы.

TO THE PROBLEM OF MAGNITUDE CALIBRATION OF KYRGYZSTAN'S EARTHQUAKES ON THE RECORD OF LONGITUDINAL WAVES

Abstract. The investigation of the correspondence of the calibration curve used in determination of the M_{pv} magnitude to the accumulated experimental data is presented in the paper. The substantiation of the necessity of its specification is given.

Keywords: earthquake, magnitude, calibration function.

Шкала магнитуд – относительная энергетическая характеристика землетрясений. Общая формула для определения магнитуды по записям определённого типа волн имеет вид:

$$M = \lg(A/T)_{\max} + \sigma(\Delta, h) \quad (1),$$

где $(A/T)_{\max}$ – максимум колебательной скорости в рассматриваемой волне, $\sigma(\Delta, h)$ – калибровочная функция, представляющая собой эмпирическую кривую затухания данного типа волн в зависимости от глубины и эпицентрального расстояния.

В зависимости от рассматриваемого типа волн существует множество магнитудных шкал. В Кыргызстане для определения величины землетрясений по продольным волнам используется шкала m_{pv} . В основе этой шкалы лежит калибровочная функция, полученная Михайловой Н.Н. и Неверовой Н.П. в 1983 году по записям землетрясений Казахстана и Кыргызстана [1]. С момента внедрения калибровочной функции в практику сейсмологической службы прошло более 30 лет. За этот период в Кыргызстане накоплен большой экспериментальный материал, который может подтвердить или уточнить эту калибровочную кривую.

Цель настоящей работы - оценить соответствие калибровочной функции [1] современным данным.

В качестве исходного материала использовались бюллетени землетрясений за период наблюдений - с 2012 по 2015 гг., в которых приведены максимальные значения амплитуд смещений продольных волн и соответствующие этим значениям периоды колебаний. Поскольку при обработке землетрясений замеры максимальных амплитуд колебаний проводятся по записям скоростей и уже после этого происходит переход к смещениям, то в нашем случае $A_{\max}/T = (A/T)_{\max}$.

В общей сложности использовалось 460 бюллетеней, начиная с $K_p = 8.0$. Рассматривались только те бюллетени, в которые входили данные не менее 10-ти сейсмических станций. Распределение рассмотренных землетрясений по классам показано в табл. 1

Таблица 1.

K_p	8	9	10	11	12	13	14	15
№	131	127	130	40	23	5	3	1

Для каждого землетрясения строились графики затухания величин A_{\max}/T с эпицентральной расстоянием. Примеры таких графиков приведены на рис. 1.

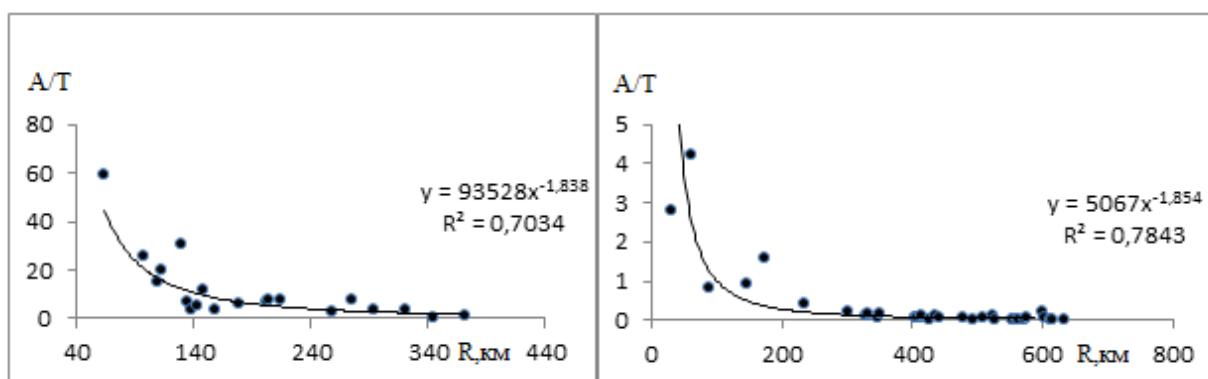


Рис.1. Графики затухания величин A_{\max}/T с эпицентральной расстоянием по записям землетрясений с энергетическими классами $K_p = 12.7$ (слева) и $K_p = 10.1$ (справа).

Графики затухания амплитуд колебаний с эпицентральной расстоянием R , как правило, имеют сложный вид, но в первом приближении могут быть аппроксимированы степенной функцией:

$$A_{\max}/T \sim R^{-n}, \quad (2),$$

где n – эффективный коэффициент затухания, который включает в себя все эффекты, определяющие уменьшение амплитуд колебаний с расстоянием, и поэтому назван эффективным. Эффективный коэффициент затухания зависит от многих факторов: от пути распространения сейсмических волн (вдоль или вкост простирания геологических структур), от рассматриваемого диапазона расстояний (ближняя зона, дальняя зона) и т.д. К примеру, коэффициенты затухания поперечных волн, полученные методом коды для пяти профилей Кыргызстана и разных диапазонов расстояний, изменяются в широких пределах от 0.8 до 3.0 [2].

Изучение зависимости периода колебаний T от эпицентрального расстояния R проводилось отдельно для каждого энергетического класса ($K_p=8.0\div 15.0$). Экспериментальные точки $T(R)$ аппроксимировались степенной функцией. Пример такого графика для $K_p=10.0$ приведён на рис.2.

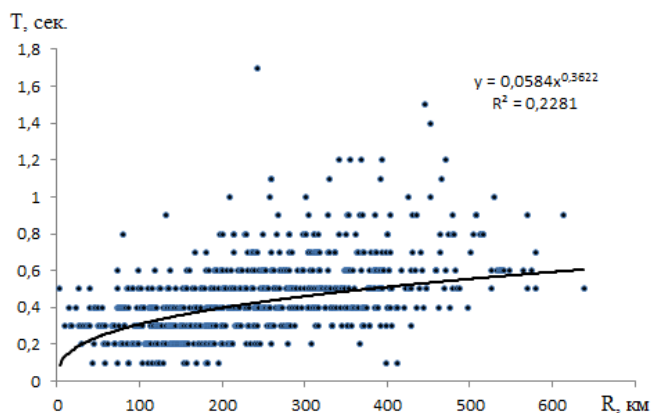


Рис.2. Изменение периодов колебаний с расстоянием по записям землетрясений с $K_p=10.0$

Осредняющие кривые зависимостей $T(R)$ по записям землетрясений разных энергетических классов приведены на рис.3.

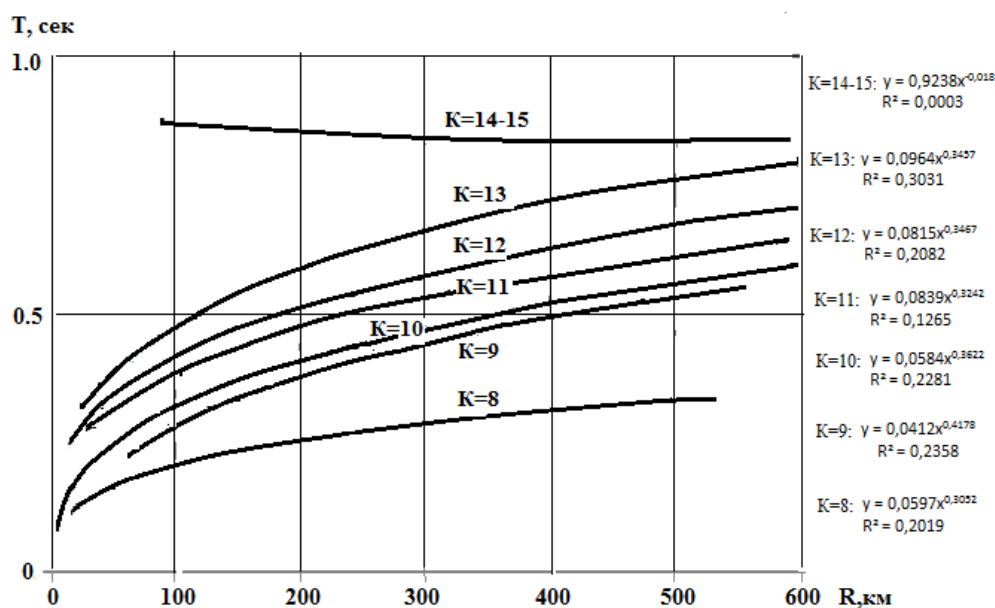


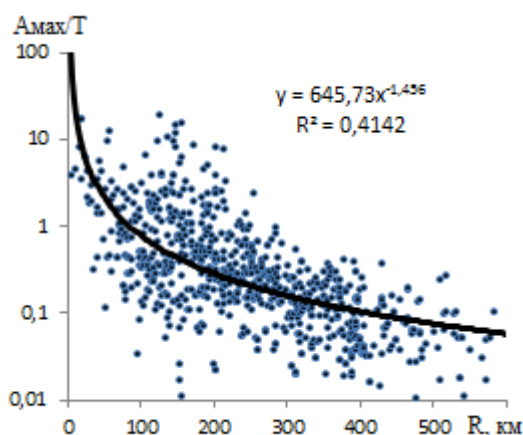
Рис.3. Семейство осредняющих кривых объединённых графиков изменения периодов T с расстоянием R для 7 значений энергетических классов

На рис.3 видно, что преобладающий период T возрастает с расстоянием по закону:

$$T \sim R^n \quad (3),$$

где коэффициент n изменяется в пределах от 0.3 до 0.4, для землетрясений с $K_p=8.0-13.0$ при большом рассеянии данных. Для более сильных землетрясений ($K_p=14.0\div 15.0$) зависимости от эпицентрального расстояния практически не наблюдаются. К тому же и осреднение облака экспериментальных точек для этого диапазона энергетических классов произошло при среднеквадратичном отклонении, близком к нулю.

Приведённые на рис. 1 экспериментальные данные довольно хорошо аппроксимируются степенной функцией с коэффициентом затухания $n = 1.8$. В большинстве случаев такие графики имеют значительно большие осцилляции данных.



Мы объединили графики затухания по записям землетрясений одинаковых энергетических классов путём совмещения их по уровню и по эпицентральному расстояниям. Пример такого объединённого графика для 10-го энергетического класса приведён на рис. 4

Рис.4. Объединённый график затухания величин A_{max}/T с эпицентральным расстоянием по записям землетрясений с энергетическими классами $K_p=10.0$.

График отличается большим рассеянием экспериментальных данных (среднеквадратичное отклонение $R^2=0.41$). Среднее значение коэффициента затухания облака точек $n = 1.46$. Объединённые графики для других энергетических классов отличаются таким же и даже большим (например, для $K_p=14.0-15.0$) рассеянием данных.

На рис.5 представлены осредняющие кривые объединённых графиков затухания величин A_{max}/T с эпицентральным расстоянием по записям землетрясений с энергетическими классами $K_p=8.0 \div 15.0$. Следует отметить, что кривые затухания разных энергетических классов не пересекаются. Для диапазона энергетических классов $K_p=8.0 \div 12.0$ значения эффективных коэффициентов затухания с точностью до десятых долей лежат в пределах $n = 1.4 \div 1.5$. При совмещении кривых затухания путём параллельного переноса вдоль оси Y для этого диапазона классов они практически совпадут между собой в пределах точности нашего эксперимента.

Затухание более сильных землетрясений происходит по другим законам. По нашим данным землетрясения 13-го класса и более затухают слабее. Физически это понятно. Известно, что частотный состав колебаний, излучаемых очагом зависит от длины разрыва: чем сильнее землетрясение, тем больше длина разрыва и тем шире спектр колебаний в области низких частот. Высокочастотные колебания затухают с расстоянием быстрее по сравнению с низкочастотными.

В первом приближении в качестве калибровочной кривой можно использовать кривую со средним значением параметра $n = 1.45$, которая совпадает с кривой затухания для 10-го энергетического класса, и выполнить привязку по уровню в соответствии с её значениями на расстояниях 200 и 300 км, как это сделано в работе [1].

На рис. 6 кроме полученной нами осредняющей кривой показана калибровочная функция Михайловой и Неверовой [1]. На расстояниях от 200 км до 300 км калибровочная функция соответствует нашим экспериментальным данным. На расстояниях $R < 200$ км наблюдается значительное расхождение. Отчасти такое расхождение может быть связано с тем, что при осреднении экспериментальных данных каждого энергетического класса мы рассматривали в первом приближении единый закон затухания для всего диапазона расстояний. При получении калибровочной функции в работе [1] использовался другой более детальный и правильный методический приём, который позволил выделить особенности затухания

на разных участках эпицентральных расстояний, когда на смену прямым волнам приходят более интенсивные рефрагированные волны.

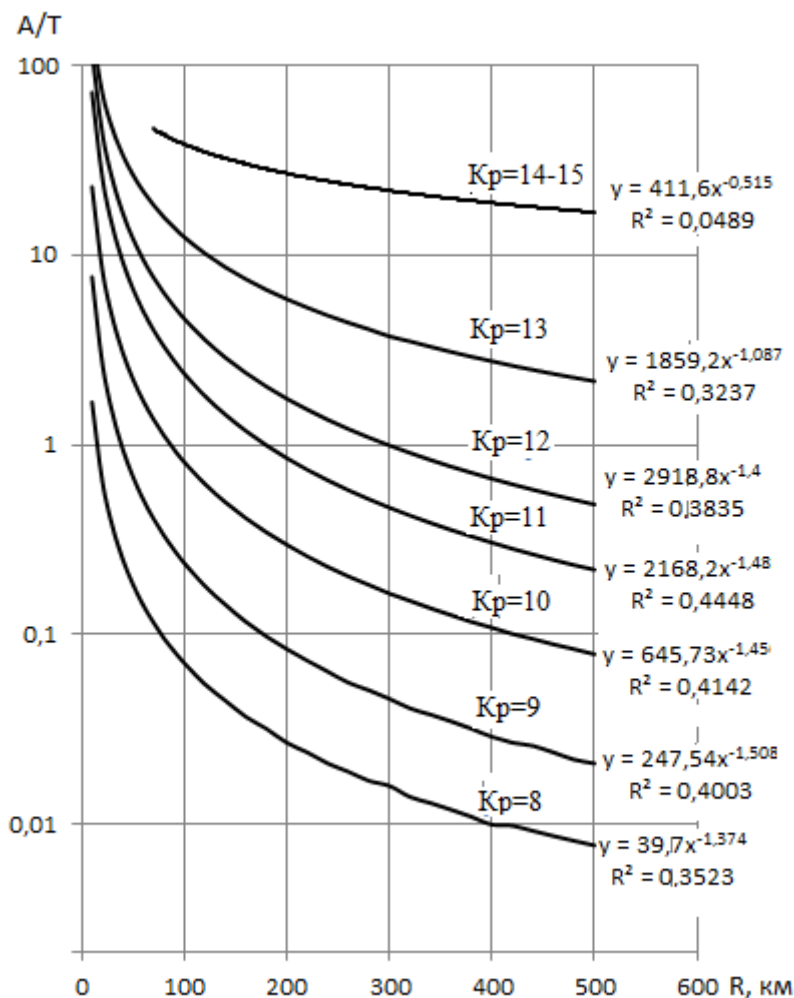


Рис. 5. Семейство осредняющих кривых объединённых графиков затухания величин A_{max}/T с расстоянием для 7 значений энергетических классов.

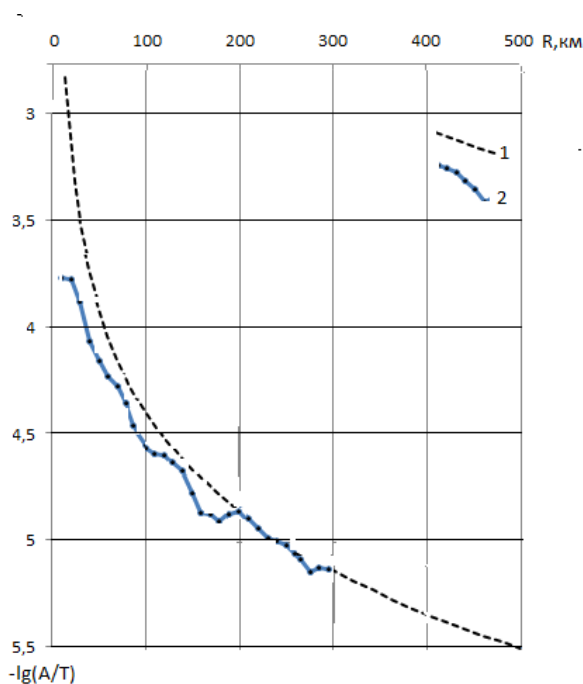


Рис.6. Кривая затухания для выборки записей землетрясений 10-го энергетического класса (1) и калибровочная кривая [1] для определения магнитуды землетрясений M_{rv} (2).

Используемая в настоящее время в практике сейсмической службы калибровочная кривая получена для эпицентральных расстояний до 300 км и для диапазона энергетических классов $K_p=7.0\div 12.0$. Результаты наших исследований показали, что колебания при более сильных землетрясениях затухают по другим законам. Исходя из этого утверждения, для более сильных событий калибровочная кривая [1] занижает истинное значение.

В этой работе не рассматривались очень слабые землетрясения (меньше 8-го класса). Можно предположить, коэффициент затухания для таких землетрясений будет больше по сравнению с сильными событиями. Таким образом, в магнитудной калибровке M_{rv} так же, как и для энергетических классов K_p , нарушается соотношение между сильными и слабыми землетрясениями. В связи с результатами наших исследований возникает вопрос о необходимости уточнения региональной магнитудной шкалы M_{rv} .

Литература

1. 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.
2. Земцова А.Г. Сейсмическая кода и динамические особенности землетрясений Киргизии. // Дисс канд. физ.-мат. наук. Фрунзе, 1985. Фонды ИС НАН КР, 164 с.

Рецензент: д-р физ.-мат. наук Погребной В.Н.