

УДК 550.34

Тихонов В. В.¹, Алтынбек уулу Т.¹,
Асминг В. Э.²¹ *Институт сейсмологии НАН КР, г. Бишкек*² *Кольский филиал Геофизической службы РАН, г. Апатиты*

ПРИМЕНЕНИЕ В ЦИФРОВОЙ РЕГИСТРАЦИИ СЕЙСМОМЕТРОВ СКМ-3 В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА НА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСТАНА

Аннотация: В статье приведены данные по переводу сейсмометров СКМ-3 с использованием АЦП Lai24USB на цифровой вид регистрации с записью по трём компонентам смещения грунта. Разработано дополнительное программное обеспечение, которое позволяет производить обработку записей близких землетрясений, получаемых на этом комплекте.

Ключевые слова: сейсмический мониторинг, регистрация землетрясения, сейсмометрия, велосиметр, амплитудно-частотная характеристика (АЧХ).

КЫРГЫЗСТАН АЙМАГЫНДАГЫ КӨЗӨМӨЛДӨӨ СИСТЕМАСЫНДА САНАРИПТИК КАТТООДО СКМ-3 СЕЙСМОМЕТРЛЕРИН КОЛДОНУУ

Кыскача мазмуну: Бул макалада СКМ-3 сейсмометрлерин АЦП Lai24USB жардамы менен жер кыртышынын жылмышуусун үч компонент боюнча жаздыруучу санариптик каттоо ыкмасына которуу тууралуу маалымат берилген. Ушул топтомдо алынган жакын арадагы жер силкинүүлөрүн карап чыгууга өбөлгө түзүүчү жаңы программалык камсыздоо иштелип чыгарылды.

Негизги сөздөр: сейсмикалык мониторинг, жер титирөөнү каттап алуу, сейсмометрия, велосиметр, амплитудалык-жыштык мүнөздөмө (АЖМ).

SKM-3 SEISMOMETERS ADOPTION FOR DIGITAL RECORDING IN THE SYSTEM OF SEISMIC MONITORING ON THE TERRITORY OF KYRGYZSTAN

Abstract: Results of adoption of three components SKM-3 seismometer by using of ADC Lai24USB digitizer into digital form registration the soil displacement are presented in the paper. An additional software allowing to process local earthquakes recorded by these instruments was developed.

Keywords: seismic monitoring, earthquake record, seismometry, velocimeter, response.

Инструментальные сейсмические наблюдения на территории Кыргызстана были начаты в 1927 г. на базе аналоговых станций. В 2008 г. аналоговая сеть Института сейсмологии НАН КР была переоборудована цифровыми приборами регистрации землетрясений, но при этом часть аналоговой аппаратуры находится в рабочем состоянии. Поэтому, для усиления системы сейсмического мониторинга с мая 2013 года в Институте сейсмологии НАН КР начались работы по переводу оставшихся комплектов аналоговой аппаратуры на цифровой вид регистрации.

Увеличение чувствительности сенсоров СКМ-3 с учётом максимального входного напряжения АЦП выполнено только за счёт перемотки рабочей катушки сейсмометра более тонким проводом (1800 витков, провод ПЭВ-0.08). Усилителей в системе нет, что избавляет от дополнительных электронных шумов.

Параметры АЦП Lai24USB:

Коэффициент усиления $K_u=1$;

Разрешение 24 бита;

Входное напряжение $U_{\max} = \pm 2.5 \text{ В}$;

$$F_d = \frac{5}{2^{24}} = 2.98 \cdot 10^{-7} \frac{\text{В}}{\text{count}} = 0.298 \frac{\text{мкВ}}{\text{count}};$$

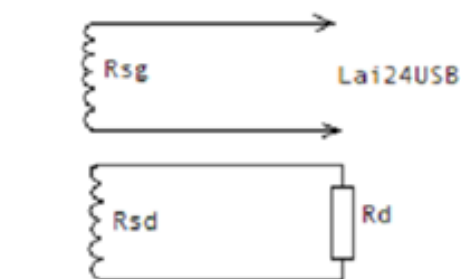


Рис. 1. Схема подключения сенсора.

Таблица 1.

Постоянные параметры сейсмометра СКМ-3

Тип сейсм.	Зав. №	Сост.	K_s	I_s	T_s	R_{sg}	R_{sd}	S_{sg}	S_{sd}	asg	asd	R_d
СГКМ-3	255	N-S	0.32303	0.1664	2.0	1862	43.53	498.92	125.91	3397.5	216.35	592.8
СВКМ-3	272	Z	0.31733	0.1747	2.0	2051	43.71	487.26	102.5	3624.2	160.96	429.7
СГКМ-3	259	E-W	0.31762	0.1652	2.0	1838	37.1	491.04	100.54	3299.1	138.32	369.7

Низкий входной импеданс АЦП Lai24USB вносит дополнительное затухание в цепь рабочего канала. Поэтому при расчёте демпферного сопротивления R_d для рабочего затухания $D_s=0.7$ должна учитываться и эта составляющая затухания.

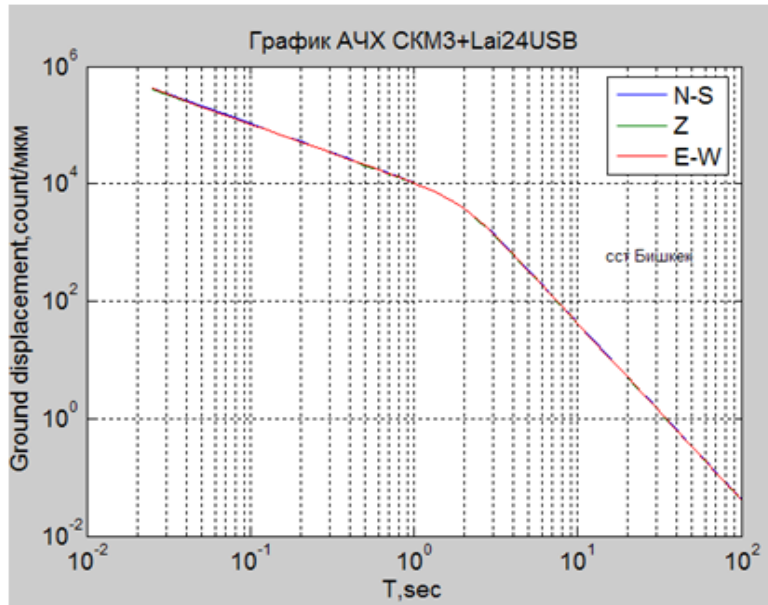
Нормализованный отклик сенсора для смещения земли U_s в области определения Лапласа ($s = i \cdot \omega$) определяется по формуле:

$$U_s = \frac{-s^3}{s^2 + 2D_{sn} \cdot \omega_s \cdot s + \omega_s^2};$$

В среде MATLAB была разработана программа для решения этой задачи. Программа производит расчёт полюсов и нулей, строит амплитудно-частотные характеристики рабочего канала и выводит значения поправочных коэффициентов, которые используются при обработке получаемых записей [3].

Аппаратурный коэффициент для данного комплекта: $CONSTANT= 0.0006$ (мкм/сек)/count. Записи региональных землетрясений на этом комплекте имеют периоды в группах P и S волн от 0.04 до 2.5 сек [1,2].

Для регистрации землетрясений применена программа **EL_WIN** (автор – В.Э. Асминг, Кольский филиал ГС РАН, г. Апатиты). Станция позволяет регистрировать землетрясения с магнитудой $M \geq 1.5$.



Функция имеет три нуля и два полюса.

Полюсы по составляющим

N-S и Z:

$$P1 = -2.1677 + 2.2739i$$

$$P2 = -2.1677 - 2.2739i$$

E-W:

$$P1 = -2.1678 + 2.2739i$$

$$P2 = -2.1678 - 2.2739i$$

Рисунок 2. Амплитудно-частотная характеристика каналов Z, NS, EW.

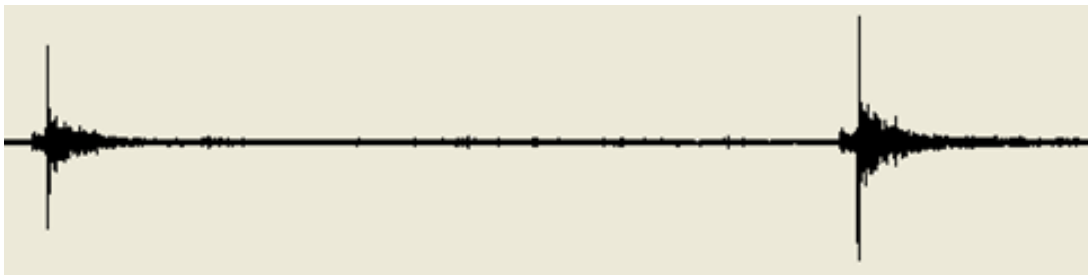


Рисунок 3. Пример записи землетрясений 26.04.2015г. (M=1.7) и (M=2.0) на сейсмической станции "Бишкек" (без фильтрации).

Программа **EL_WIN** предназначена для обработки записей, получаемых с велосиметров. Наш комплект аппаратуры пишет смещения, поэтому для получения истинных значений амплитуд необходимо замеренные амплитуды по программе **EL_WIN** умножить на величину **CONSTANT** и далее умножать на соответствующий поправочный коэффициент из АЧХ канала. Только тогда эти амплитуды можно использовать для дальнейшей обработки. Кроме того, для обработки записей была разработана дополнительная программа (см. рисунок 4). В частности, в неё были включены методические материалы для аналоговой аппаратуры: таблица Excel с годографом Е.А. Розовой для Средней Азии и поправочными коэффициентами из амплитудно-частотной характеристики для периодов от 0.025 до 3.0 секунд, а также номограмма определения энергетических классов Т. Г. Раутиан с логарифмической шкалой расстояний для сейсмометров СКМ-3[4,5].

Этот комплект аппаратуры и данную программу можно использовать при обработке близких землетрясений до 1000 км. Если этот комплект использовать в режиме велосиметра, то обработка записей землетрясений имела бы ограничение по эпицентральных расстояниям только до 200-250 км из-за узкой АЧХ[3,5].

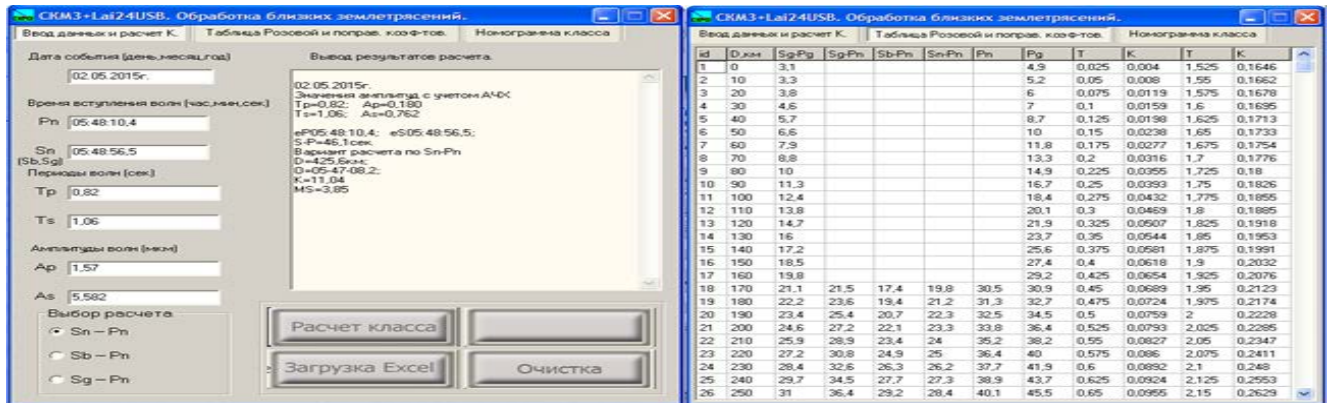


Рисунок 4. Первая и вторая страницы программы обработки близких землетрясений, записанных на комплекте SKM3+Lai24USB.

Литература

1. Johannes Schweitzer Sensitivity and Response of the SKM-3 Seismometers in Bishkek, Kyrgyzstan – N2027 Kjeller, Norway, 2007.
2. Jens Havskov. Instrumentation in Earthquake Seismology – Norway, 2002.
3. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB– 2005.
4. Н.В. Петрова, Р.С. Михайлова Соотношения энергетического класса K_p с магнитудами по поверхностным волнам MS, Ms, MLH землетрясений в регионах Северной Евразии// Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2014.
5. Асминг В.Э. Создание программного комплекса для автоматизации детектирования, локации и интерпретации сейсмических событий и его использование для изучения сейсмичности Северо-западного региона. Диссер. канд. работа. Москва, 2004 136 с. РГБ ОД, 61:04-1/1202

Рецензент: к.ф.-м.н. Фролова А. Г.