

УДК 550.343.9

Камчыбеков М.П., Егембердиева К.А., Камчыбеков Ы.
*Институт сейсмологии НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан*

СЕЙСМОМИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ВЕРХНЕ-НАРЫНСКОГО КАСКАДА ГЭС

Аннотация: В работе приведены результаты работ по микрорайонированию, проведённых на отдельных участках в районе Верхне-Нарынского каскада ГЭС.

Ключевые слова: сейсмичность, землетрясения, интенсивность, инструментальные наблюдения, амплитудно-частотный спектр.

ЖОГОРКУ-НАРЫН КАСКАД ГЭСИНИН КЭЭ БИР УЧАСТКАЛАРЫН СЕЙСМОМИКРОРАЙОНДОО

Кыскача мазмуну: Аталган иште Жогорку-Нарын каскад ГЭСинин кээ бир участкаларын микрорайондоонун жыйынтыктары келтирилген.

Негизги сөздөр: сейсмикалууулук, жер титирөө, интенсивдүүлүк, курал-жабдыктар менен байкоо жүргүзүү, амплитудалуу-жыштык спектри.

SEISMIC MICROZONING OF AREAS ON THE UPPER NARYN CASCADE DAMS

Abstract: Results of research on microzoning conducted in some areas of the Upper Naryn dams are presented in this paper.

Keywords: seismicity, earthquake, intensity, instrumental observations, amplitude-frequency spectrum.

Крупное промышленное и гражданское строительство в высокосейсмичных районах, к которым относится вся территория Кыргызстана, требует принятия необходимых научно-обоснованных мер по защите различных сооружений от сейсмических воздействий.

На территории Верхне-Нарынского каскада ГЭС с 15 августа по 15 сентября 2013 г. были проведены работы по сейсмическому микрорайонированию, с целью определения фактических параметров сейсмического воздействия в зависимости от грунтовых условий отдельных участков Верхне-Нарынского каскада ГЭС.

Общие сведения о районе исследования – Верхне-Нарынского каскада ГЭС.

Район исследований расположен в восточной части Нарынской впадины. Участки пунктов исследования занимают площадь в подгорной равнине с уклоном в сторону русла реки Нарын, справа и слева от неё.

Характерной особенностью климата района является его континентальность, отличающаяся большими годовыми и суточными амплитудами температур.

Сейсмичность территории Верхне-Нарынского каскада ГЭС. По карте сейсмического районирования КР территория исследования относится к Сонкуль-Нарынской сейсмогенерирующей зоне [1]. Основу Сонкуль-Нарынской зоны составляют активные разломы широтного простирания. Общая протяжённость Нарыно-Сонкульской зоны разломов достигает около 200 км, если включить в её состав новейшие разломы, проходящие вдоль северного ограничения Кетмень-Тюбинской впадины и являющиеся непосредственным продолжением разломов, отделяющих частную Толукскую впадину от поднятия Суусамырского хребта. Ширина зоны изменяется от 10 км в районе устья Кокомерена до 20 км на меридиане Камбаратинской ГЭС. При этом узкий рамповый грабен шириной 1-3 км (местами до 10 км), ограниченный разломами, представляет собой основную и, вероятно, наиболее активную часть всей этой зоны. По крайней мере, к этим разломам,

приурочено большинство разрывов, выраженных в рельефе и дешифрируемых на аэрофотоснимках. Участок створа Акбулунской ГЭС располагается непосредственно к югу от южной границы рассматриваемой зоны.

На территории исследования известны несколько достаточно сильных сейсмических событий, произошедших в прошлом. На рисунке 1 приведена карта-схема расположения эпицентров сильных исторических землетрясений в районе строительства Верхне-Нарынского каскада ГЭС, эпицентры сильных землетрясений выделены отдельным цветом и годом происхождения.

К числу сильных землетрясений относятся:

1. Куланакское землетрясение - 1948 г. 28 июля 8 ч. 00 мин. 56 сек. ($\varphi=41.40$; $\lambda=75.40$), $K=13.6$, $M=5.2$, $H=6$ км, сила в эпицентре 7-8 баллов.
2. Сонкульское землетрясение - 1958 г. 13 октября 8 ч. 58 мин. 13 сек. ($\varphi=41.60$; $\lambda=75.10$), $K=13.0$, $M=5.2$, $H=12$ км, интенсивность в эпицентре 6-7 баллов.
3. Атбашинское землетрясение - 1962 г. 11 сентября 23 ч. 40 мин. 41 сек. ($\varphi=41.32$; $\lambda=75.67$), $K=12.0$, $M=4.6$, $H=30$ км, сила в эпицентре 5-6 баллов.
4. Сонкульское землетрясение – 1965 г. 25 сентября 15 ч. 47 мин. 56 сек. ($\varphi=41.53$; $\lambda=75.03$), $K=13.0$, $M=5.2$, $H=25$ км, сила в эпицентре 6-7 баллов.

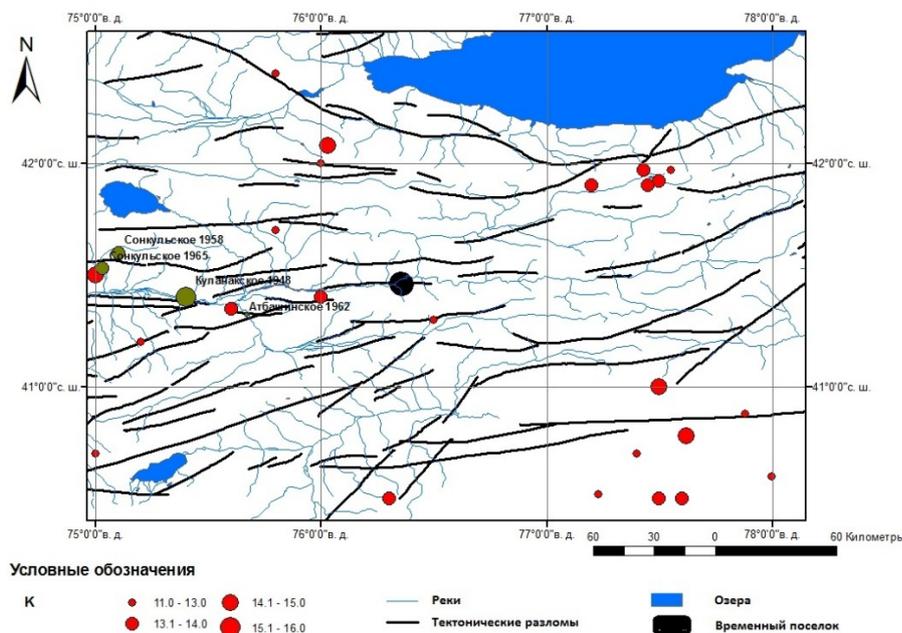


Рисунок 1. Карта-схема расположения сильных исторических землетрясений в районе строительства Верхне-Нарынского каскада ГЭС.

Район исследования входит в 9 - балльную зону ожидаемых сейсмических воздействий по шкале сейсмической интенсивности MSK-64 [1].

Тектоническое строение. Территория исследования пересекает простирающийся в широтном направлении Центрально-Нарынский тектонический разлом [7], проходящий вдоль поднятия хребта Молдо-Тоо и Нура (рисунок 2).

С целью определения количественных характеристик сейсмических колебаний на отдельных типичных участках, выделенных предварительно на основании инженерно-геологических данных, были проведены инструментальные наблюдения.

Инструментальные наблюдения осуществляются в целях:

- а) непосредственного определения спектров приведённых скорости или ускорений;
- б) определения спектральных особенностей грунтов;
- в) прямого сопоставления амплитуд колебаний по записям сейсмических станций во времени.

Уточнение уровня сейсмичности участков, предназначенных под строительство, проведено согласно таблицы 1 СНиП II 7-81* и таблицы 5.1 СНиП КР 20-02:2009 [5,6].

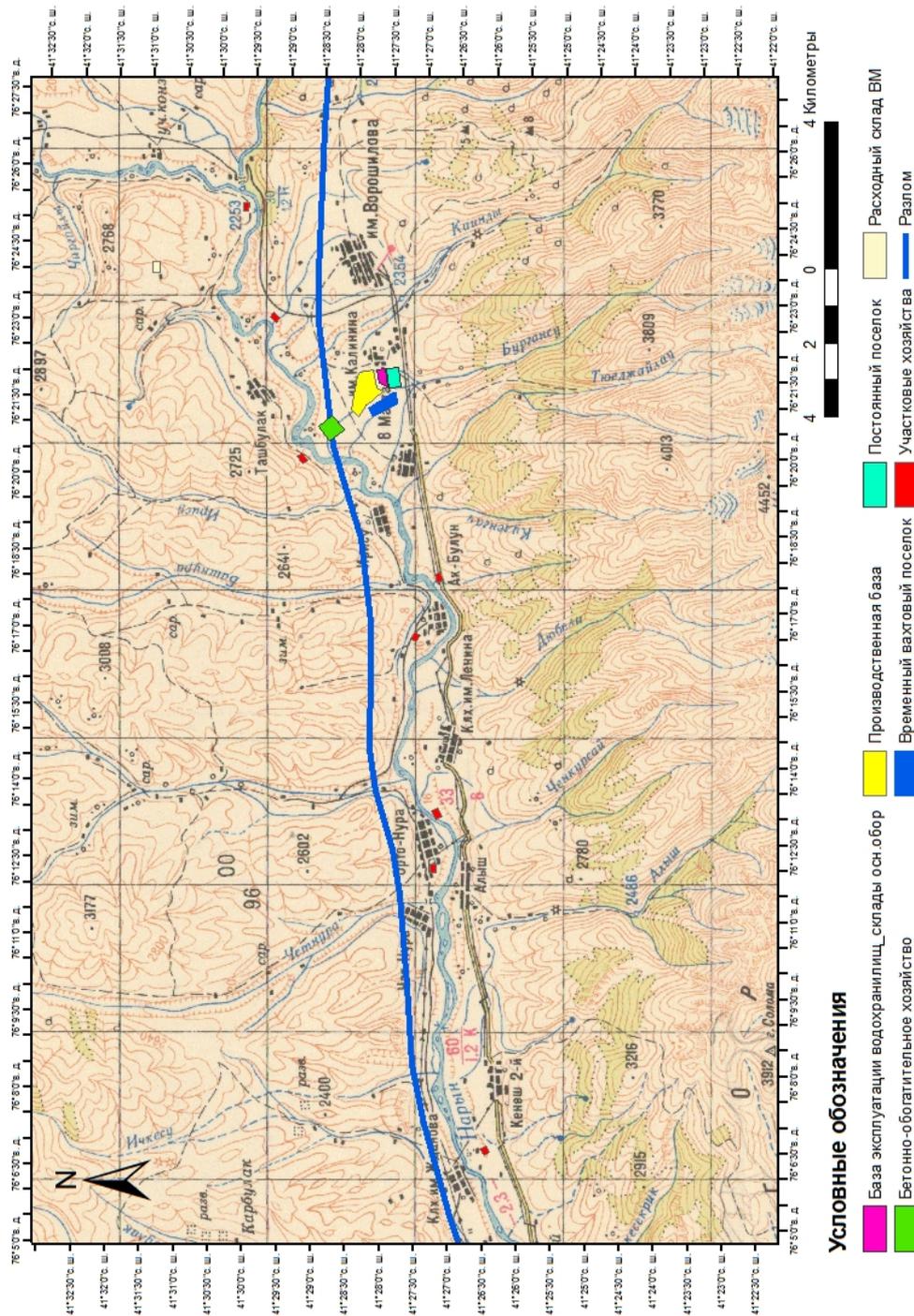


Рисунок 2. Карта-схема расположения Центрально-Нарынского тектонического разлома в районе исследования Верхне-Нарынской ГЭС. (Авторы Камчыбеков М.П. и др.).

Выбор эталонных грунтов. В качестве эталонных грунтов обычно рекомендуется выбирать средние грунты, к которым условно относится величина исходного балла, определённая по карте сейсмического районирования территории Кыргызстана [1]. Такими образом, за эталонные грунты были приняты суглинистые грунты, характерные для верхней части разреза исследуемой площадки строительства и имеющие следующие параметры:

$$\begin{aligned}V_p &= 200 \div 700 \text{ м/с}; \\V_s &= 128 \div 624 \text{ м/с}; \\ \rho &= 1.44 \div 1.57 \text{ г/см}^3.\end{aligned}$$

В исследуемом районе к числу главных факторов приращения в пределах верхних террас относятся суглинистые породы и глубина залегания грунтовых вод. Приращение балльности зависит здесь от мощности толщи суглинков и уровня залегания подземных вод. В нижних террасах - галечники и приращение в основном зависит от их распространения. Здесь грунтовые воды решающего значения не имеют.

Расчёт приращения балльности на основе слабых землетрясений производится с помощью следующей формулы:

$$\Delta I = 3.31 * \lg(A_1 / A_0),$$

где A_1 и A_0 – амплитуды колебаний исследуемых и эталонных грунтов.

Использование способа в виде регистрации сильных и слабых землетрясений требует организации инструментальных наблюдений в ждущем режиме.

Работа Установа сейсмометрических приборов.

В задачи наблюдений входили:

- выбор мест (объектов), на которых должна производиться регистрация сейсмических процессов;
- обустройство мест установки сейсмостанций, исключающее погрешности измерений, обусловленные особенностями состояния исследуемой среды и неполноценностью механической связи измерительной аппаратуры с ней;
- обеспечение и производство регистрации сейсмического процесса;
- анализ материалов сейсмометрических наблюдений с учётом метрологических характеристик (АЧХ) сейсмостанций;
- подготовка научно-технического отчёта, систематизация фактического материала наблюдений.

Установка инженерно-сейсмометрической аппаратуры.

Инженерно-сейсмометрическая аппаратура была установлена на трёх участках со следующими грунтовыми условиями.

Участок 1

- производственная база в районе строительства каскада;
- временный посёлок;
- бетонно-обоганительное хозяйство.

Рельеф участка с уклоном с юга на север, поверхность его слабо расчленена ложбинами с глубиной вреза от 2.0 до 3.0 м.

В геолого-литологическом строении участка принимают участие аллювиально-пролювиальные отложения средне- и позднечетвертичного возраста, представленные лессовидными суглинками, супесями и галечниковыми грунтами. Лессовидные суглинки

мощностью 0.5-2.0 м и более покрывают сплошным чехлом галечниковые грунты с возрастанием мощности в направлении к руслу реки Нарын.

Физико-механические свойства крупнообломочных грунтов и лессовидных суглинков, определённые по РСМ-85 [4] таблице 1. «Ориентировочные сведения о плотности и сейсмических характеристиках для различных типов грунтов» (по Назарову с дополнениями), имеют следующие параметры.

1. Суглинки - плотность $1.5-2.1 \text{ г/см}^3$, $V_p=0.3-1.9 (0.5-0.9) \text{ км/с}$, $V_s=0.15-0.5(0.2-0.4) \text{ км/с}$, коэффициент Пуассона $0.15-0.45$), декремент поглощения $\Delta\rho$ $0.05-2.0$, декремент поглощения $\Delta s=0.05-1.0$.

2. Валунно-галечниковые и гравийно-щебнистые с песчано-глинистым заполнением - плотность $1.8-2.2 \text{ г/см}^3$, $V_p = 0.5-1.5 (0.7-1.1) \text{ км/с}$, $V_s = 0.35-0.9(0.5-0.7) \text{ км/с}$, коэффициент Пуассона $0.35-0.4$), декремент поглощения $\Delta\rho = 0.05-0.08$, декремент поглощения $\Delta=0.1-1.0$.

Участок 2

- ГПП 220/35/10 кв;
- ПС 35/10 кв (4 площадки);
- участковые хозяйства (8 по два на каждом гидроузле каскада).

Рельеф участка слегка волнистый, с уклоном в сторону русла реки Нарын. Участок сложен плотными галечниковыми грунтами, перекрытыми лессовидными суглинками мощностью более 2 м.

Участок 3

- расходный склад ВМ.

Данный участок расположен на возвышенности, сложен плотными галечниковыми грунтами, перекрытыми лессовидными суглинками мощностью более 2 м. Суглинки лессовидные просадочные, тип грунтовых условий по просадочности I.

Таким образом, мощность суглинистых грунтов 2 и 3 участков больше, чем участка 1.

Инженерно-сейсмометрические наблюдения велись идентифицированной аппаратурой, установленной, в-основном, на первом участке. На 2 и 3 участках из-за отсутствия электричества и сжатых сроков проведения работ сейсмометрические приборы не были установлены.

Регистрирующая аппаратура на участке 1 располагалась на трёх уровнях: на дневной поверхности, на уровне -1.5 м и -3 м от поверхности в глубину грунта (рисунок 3). Первый поверхностный уровень – суглинистые грунты, нижние – мощные галечниковые отложения.

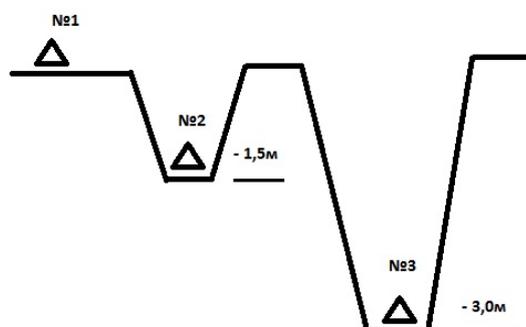


Рисунок 3. Расположение регистрирующей аппаратуры на участке 1.

Аппаратурное обеспечение участков наблюдения приведены в таблице 1. В качестве сейсмоприемников использовался трёхкомпонентный акселерометр Guralp CMG- 5T, регистратор - сейсмостанция GSR-18, CM-3 и CM-3B.

Размещение пункта наблюдения по регистрации сейсмических колебаний показано на рисунках 3 и 4.

Таблица 1.

Аппаратурное обеспечение участков наблюдения

Сеймопункт, №	Аппаратурное обеспечение	Название пунктов наблюдения	Географические координаты по GPS
1	Guralp CMG-5T	Участок 1	41°27.558′ 76°21.324′
2	СМ-3		
3	СМ-3В		

Условия сейсмических измерений.

В соответствии с принятой методикой для измерений с регистрацией процессов использован аппаратный комплекс, обеспечивающий неискажённое воспроизведение исследуемых исходных процессов. Сейсмометрическая регистрация осуществлена зарубежными компьютеризированными комплексами трёхосевых акселерографов CMG-5T (производство Англия) и отечественной аппаратурой, состоящей из одноосевых сейсмоприемников СМ-3, СМ-3В, управляющего блока АЦП и серийного портативного компьютера.

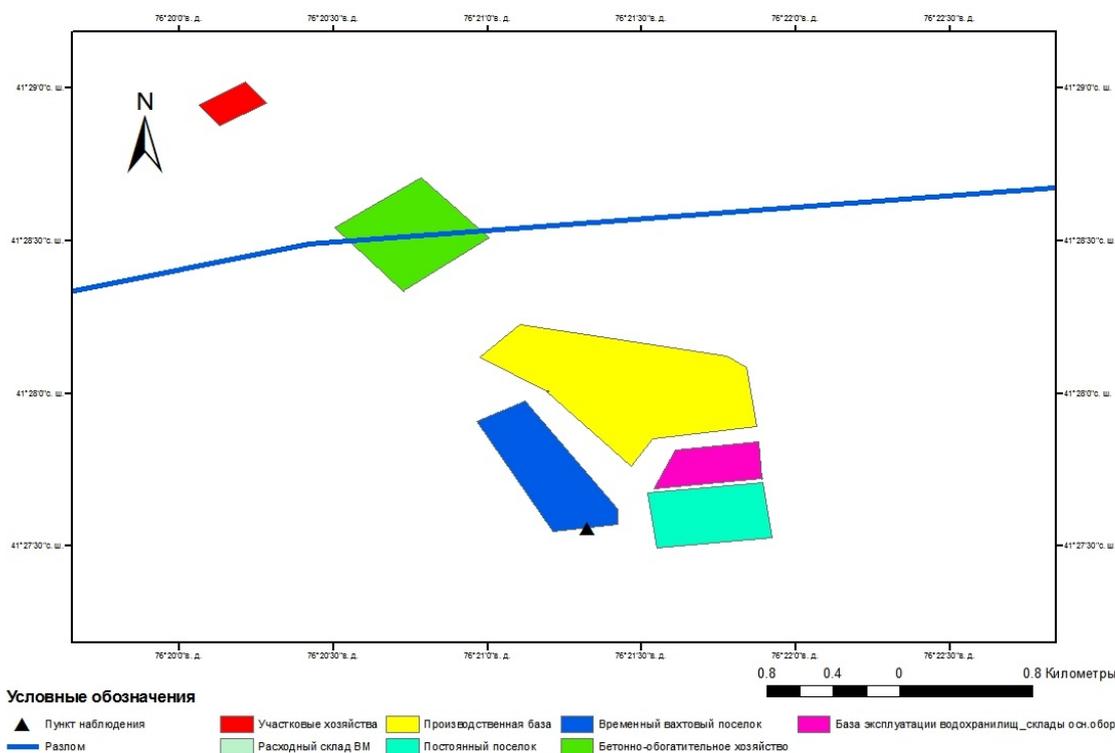


Рисунок 4. Карта-схема размещения пункта наблюдения в районе исследования – Верхне-Нарынского каскада ГЭС. (Авторы Камчыбеков М.П. и др.).

Анализ результатов сейсмометрических наблюдений.

Материалы отработки информации, полученной при сейсмонаблюдениях, показаны на рисунках 5-10.

Данные каталога землетрясений, произошедших в районе исследования за время наблюдений - август-сентябрь 2013г. приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Данные каталога землетрясений за август-сентябрь 2013 г.

Дата	Время	Широта	Долгота	Магнитуда, mb
2013-08-27	16:15:35	41.43	79.47	4.3
2013-08-26	03:28:25,3	42.00	77.12	1.4

На рисунках 5-10 приведены сравнение отдельных результатов спектрального анализа (по методу Фурье) полученных записей землетрясений 26 и 27 августа 2013 г., зарегистрированные в пунктах наблюдения № 1,2,3. По оси абсцисс отложено время в секундах (ноль времени является условным), а по оси ординат – скорость в мм/с амплитудного спектра Фурье.

В таблице 3 приведены количественные значения амплитуд записей и спектров Фурье скорости землетрясений 26 и 27 августа 2013 г. и приращения балльности на исследуемом участке строительства.

Наименьшие значения частот для горизонтальных С-Ю, В-З и вертикальных Z составляющих сейсмических колебаний соответствуют частоте 24.39 Гц, максимальные значения частот по горизонтальным направлениям С-Ю, В-З – 164.5 Гц, вертикальным – 84.79 Гц.

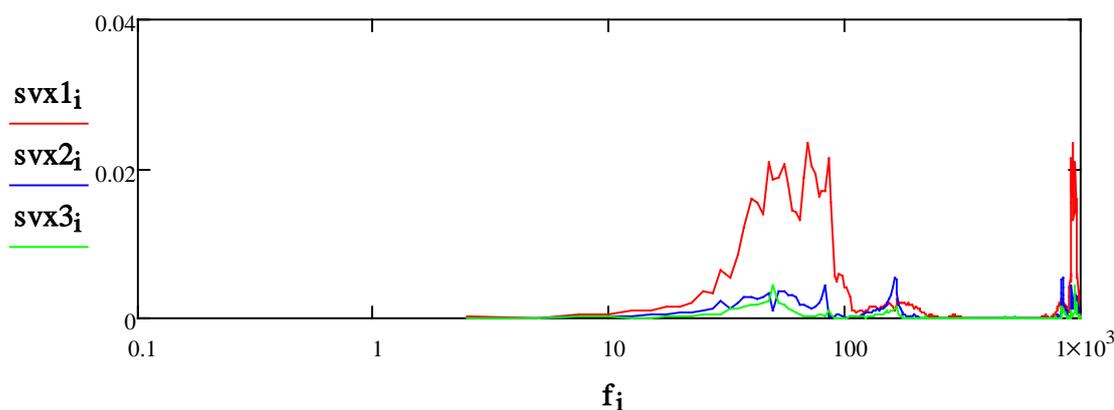


Рисунок 5. Сравнение амплитудных спектров Фурье записей скорости по составляющей С-Ю землетрясения 27 августа 2013 г. (пункты наблюдения №1, 2, 3). svx1_i – красная линия, дневная поверхность; svx2_i – синяя линия -1.5 м от дневной поверхности; svx3_i – зелёная линия - 3 м от дневной поверхности; f_i – частота в Гц.

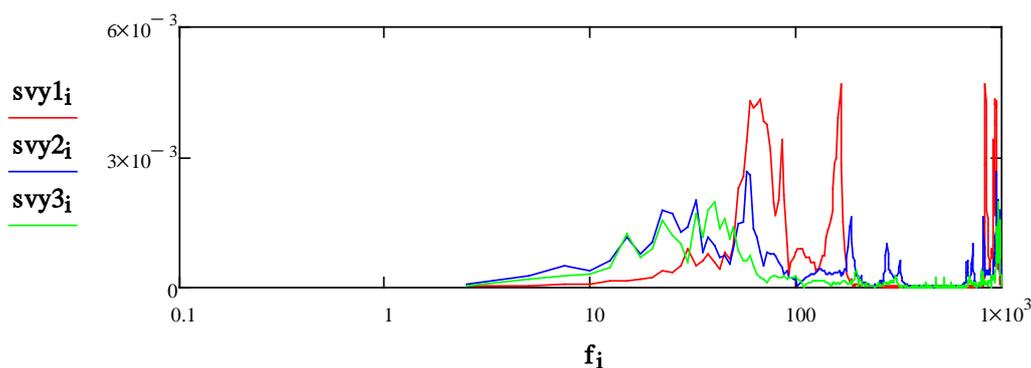


Рисунок 6. Сравнение амплитудных спектров Фурье скорости по составляющей В-З землетрясения 27 августа 2013 г. (пункты наблюдения №1, 2, 3). $svx1_i$ – красная линия, дневная поверхность; $svy2_i$ – синяя линия -1.5 м от дневной поверхности; $svz3_i$ – зеленая линия -3 м от дневной поверхности; f_i – частота в Гц.

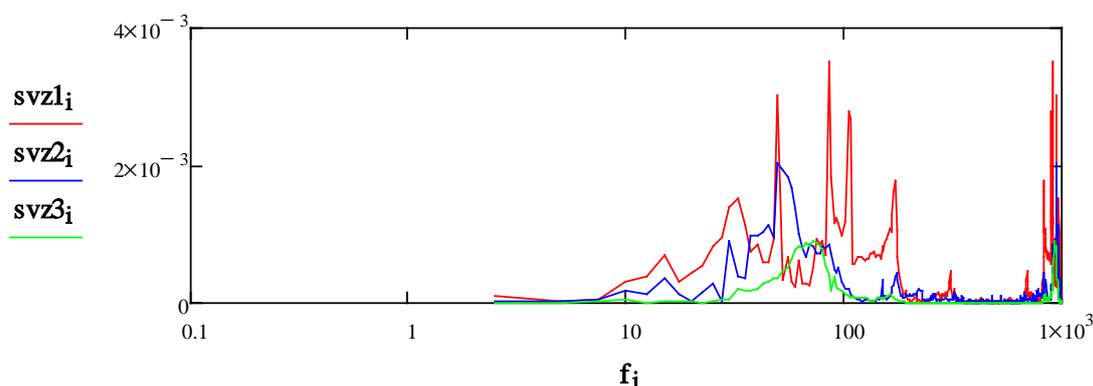


Рисунок 7. Сравнение амплитудных спектров Фурье скорости по составляющей Z землетрясения 27 августа 2013 г. пункты наблюдения №1,2,3. $svx1_i$ – красная линия, дневная поверхность; $svy2_i$ – синяя линия -1,5 м от дневной поверхности; $svz3_i$ – зеленая линия -3 м от дневной поверхности; f_i – частота в Гц.

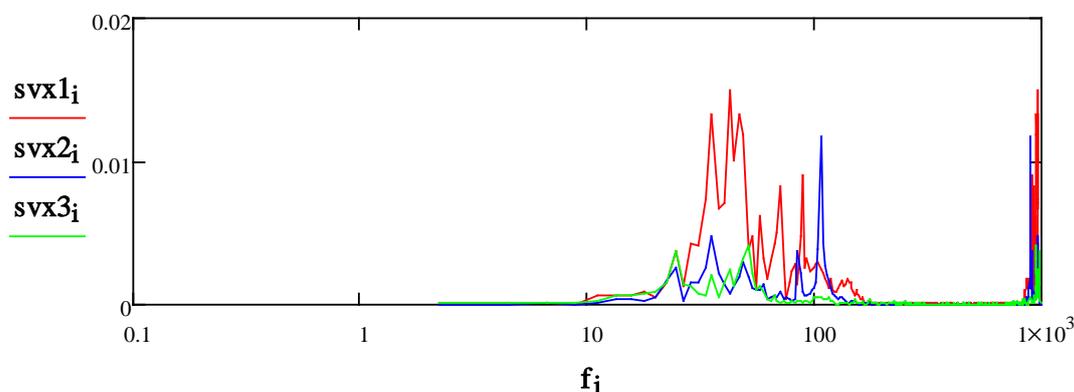


Рисунок 8. Сравнение амплитудных спектров Фурье скорости по составляющей С-Ю землетрясения 26 августа 2013 г. (пункты наблюдения №1, 2, 3). $svx1_i$ – красная

линия, дневная поверхность; svx2_i – синяя линия -1.5 м от дневной поверхности; svx3_i – синяя линия -3 м от дневной поверхности; f_i – частота в Гц.

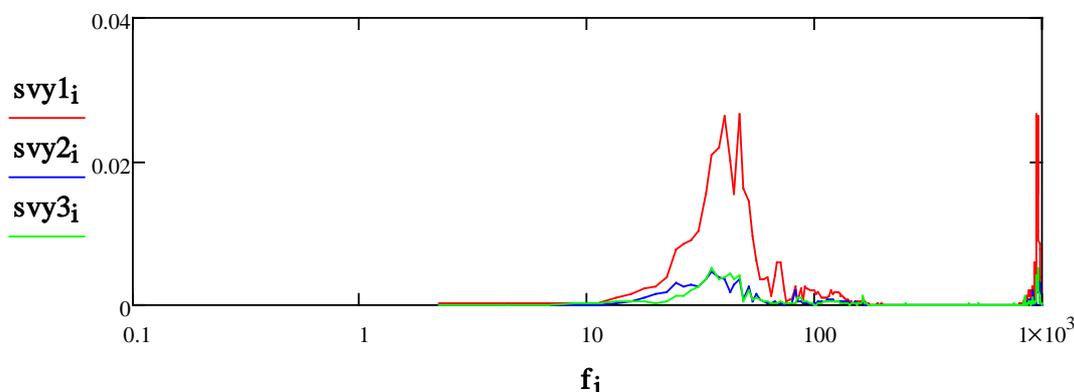


Рисунок 9. Сравнение амплитудных спектров Фурье скорости по составляющей В-З землетрясения 26 августа 2013 г. (пункты наблюдения №1, 2, 3), svy1_i – красная линия, дневная поверхность; svy2_i – синяя линия -1.5 м от дневной поверхности; svy3_i – зеленая линия -3 м от дневной поверхности; f_i – частота в Гц.

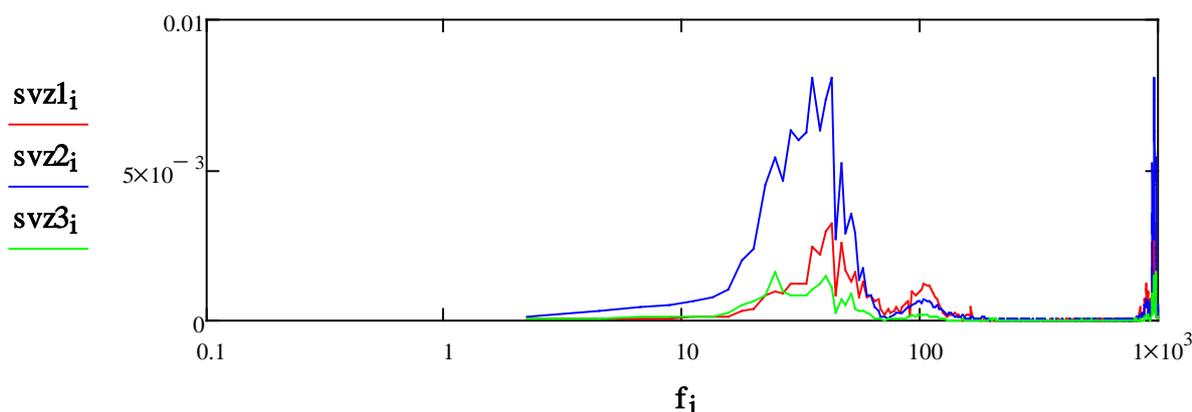


Рисунок 10. Сравнение амплитудных спектров Фурье скорости по составляющей Z землетрясения 26 августа 2013 г. (пункты наблюдения №1, 2, 3), svz1_i – красная линия, дневная поверхность; svz2_i – синяя линия -1.5 м от дневной поверхности; svz3_i – зеленая линия -3 м от дневной поверхности; f_i – частота в Гц.

Выводы

1. На основании обработки записей двух землетрясений на территории участка 1 (производственная база в районе строительства каскада, временный поселок) получены следующие результаты: сейсмичность исследуемых участков имеет приращение – 0.5 баллов в подстилающем слое гравийно-галечниковых отложений при исходной сейсмичности исследуемой территории 9 баллов по шкале сейсмической интенсивности MSK-64 карты сейсмического районирования территории Кыргызской Республики.

2. При условии снятия верхнего слоя суглинистых грунтов на участке строительства (производственная база в районе строительства каскада, временный посёлок) позволит снизить значение исходной сейсмичности до 8.5 баллов.
3. Рекомендуется перенести расположение бетонно-обогажительного хозяйства от линии Центрально-Нарынского тектонического разлома на расстояние 30 м.
4. В отношении сейсмичности остальных участков - принять исходную сейсмичность 9 баллов по шкале сейсмической интенсивности MSK-64 карты сейсмического районирования территории Кыргызской Республики.
5. Рекомендуется провести работы по изучению зоны динамического влияния Центрально-Нарынского тектонического разлома инструментальным методом.
6. В связи с короткими сроками проведения работ (в течение одного месяца), не было собрано достаточного количества записей землетрясений согласно рекомендациям РСМ-85, поэтому сейсмометрические наблюдения в районе исследования рекомендуется продолжить.

Литература

1. Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики (объяснительная записка) / под ред. К.Е. Абдрахматова; НАН КР, Ин-т сейсмологии. – Бишкек, 2013. 51 с.
2. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. Стройиздат. 1962. 283 с.
3. Напетваридзе Ш.Г., Одишария А.В. Исходные данные для применения расчётных методов в сейсмическом микрорайонировании. // Сейсмическое микрорайонирование. – М.: Наука, 1977. С.151-157.
4. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства. РСМ-85. Москва, 1985. 73 с.
5. СНиП II-81* Строительство в сейсмических районах/ Госстрой СССР.- М.: АПП ЦИТП, 1991. 50 с.
6. СНиП КР 20-02: 2009 Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования. Бишкек, 2009. 103 с.
7. Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. – Фрунзе: Илим, 1986. 314 с.

Рецензент: к. г.-м.н. А.Б. Фортуна.