

УДК 550.34

Камчатская сеть сейсмических станций. Опыт эксплуатации

© 2022 г. Ю.В. Шевченко

КФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Поступила в редакцию 06.05.2022 г.

Аннотация. Создание Камчатской региональной сети сейсмических станций началось в 1961 г. Количество станций за прошедшие 60 лет постепенно росло и к 2022 г. Камчатская региональная сеть сейсмических станций состояла из 88 станций. Данные со всех сейсмических станций доступны в цифровой форме и обеспечивают непрерывные наблюдения за сейсмичностью Камчатского региона, выполнение задач в рамках Службы срочных сейсмических донесений и Службы предупреждения о цунами, сейсмический мониторинг вулканов с целью прогноза извержений и контроля их состояния. Все станции работают автономно. В статье представлен краткий обзор основных исследований и обобщён опыт работ в области сейсмометрии и эксплуатации сети сейсмических станций. Дано описание аппаратного оснащения сейсмических станций, кратко рассмотрена методика калибровки сейсмометрических каналов, затронуты вопросы синхронизации записей сейсмических трасс и динамических характеристик сейсмических приборов, отмечены работы по изучению свойств грунтовой толщи в основании постаментов станций. Изложены некоторые технические аспекты применения сейсмометра СМ-3 на радиотелеметрических сейсмических станциях.

Ключевые слова: сейсмометрия, опыт эксплуатации сейсмических станций, сейсмометр СМ-3.

Для цитирования: Шевченко Ю.В. Камчатская сеть сейсмических станций. Опыт эксплуатации // Российский сейсмологический журнал. – 2022. – Т. 4, № 3. – С. 44–51. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2022.3.04>. EDN: JTEYYR

Введение

Создание Камчатской региональной сети сейсмических станций началось в 1961 г. Тихоокеанской сейсмической экспедицией (ТСЭ) Института физики Земли (ИФЗ) АН СССР совместно с Комплексной геолого-геофизической обсерваторией Сибирского отделения (СО) АН СССР под руководством начальника ТСЭ С.А. Федотова. С 1972 г. сеть сейсмических станций была передана в лабораторию сейсмометрии Института вулканологии Дальневосточного научного центра (ДВНЦ) АН СССР под руководством В.Д. Феофилактова. С 1979 г. сейсмические наблюдения проводились в рамках Опытной-методической сейсмометрической партии (ОМСП), затем реорганизованной в Камчатский филиал (КФ) ГС РАН, а в 2016 г. – в КФ ФИЦ ЕГС РАН.

В настоящее время в составе Камчатской региональной сети сейсмических станций применяются цифровые сейсмические станции

(ЦСС) и радиотелеметрические сейсмические станции (РТСС) [Chebrov *et al.*, 2013]. Станции РТСС имеют более узкую полосу регистрируемых частот, чем станции ЦСС, и меньший динамический диапазон регистрируемых смещений грунта (50–60 дБ и более 100 дБ у ЦСС). Данные со всех сейсмических станций доступны в цифровой форме и обеспечивают непрерывные наблюдения за сейсмичностью Камчатского региона, выполнение задач в рамках Службы срочных сейсмических донесений и Службы предупреждения о цунами [Chebrov *et al.*, 2010], сейсмический мониторинг вулканов с целью прогноза извержений и контроля их состояния [Сенюков, 2006]. Все станции работают автономно и обслуживаются при выявлении неисправности.

В статье представлен краткий обзор основных исследований и обобщён опыт работы в области сейсмометрии и эксплуатации сети сейсмометрических станций, выполненных в рамках Камчатского филиала. Дано описание аппаратного оснащения сейсмических станций, кратко

рассмотрена методика калибровки сейсмометрических каналов, затронуты вопросы синхронизации записей сейсмических трасс и динамических характеристик сейсмических приборов, отмечены работы по изучению свойств грунтовой толщи в основании постаментов станций. Изложены некоторые технические аспекты применения сейсмометра СМ-3 на радиотелеметрических сейсмических станциях, указаны причины массового использования этого датчика.

Камчатская сеть сейсмических станций, структура и характеристики сейсмометрических каналов

К 2022 г. Камчатская региональная сеть сейсмических станций состояла из 54 цифровых и 34 радиотелеметрических станций. Потоки данных со станций поступают на три приёмных центра: Петропавловский, Козыревский и Ключевской.

На станциях ЦСС используются датчики CMG-6T (0.033–40 Гц, 15 см.), CMG-5T (0–40 Гц, 36 см.), CMG-3ТВ (0.0083–40 Гц, 3 см.), AC-73iHHV (0–40 Гц, 4 см.), STS-2 (0.0083–40 Гц, 2 см.), KS-2000 (0.01–40 Гц, 1 см.), TC120-SV1 (0.0083–40 Гц, 6 см.), СМ-3ос (0.02–10 Гц, 1 комплект).

Аналоговый вариант оборудования для РТСС был разработан и изготовлен силами сотрудни-

ков ОМСП в конце 1970-х – начале 1980-х гг. [Гаврилов и др., 1987]. На станциях в настоящее время используются сейсмометры СМ-3 (0.7–20 Гц, 34 комплекта) [Токмаков, 1975], СМ-3вч (4–20 Гц, 21 датчик) [Шевченко, 1996], СКД-УП (0.05–5 Гц, 1 комплект) [Аппаратура ..., 1974]. До 1996 г. сигналы сейсмометрических каналов станций РТСС регистрировались на бумаге и магнитных лентах. В 1996 г. были реализованы оцифровка аналоговых сигналов и хранение сейсмических трасс в цифровой форме.

В 2010–2012 гг. разработаны и опробованы технические и программные средства для демодуляции частотно-модулированных (ЧМ) сигналов со станций РТСС методами цифровой обработки [Дроздин и др., 2013]. Разработанный программно-технический комплекс заменяет аналоговую часть приёмных центров РТСС. Внедрение цифровой обработки ЧМ сигналов в приёмных центрах РТСС позволило расширить динамический диапазон регистрируемых сигналов не менее чем на 6 дБ и повысило долговременную стабильность характеристик сейсмометрических каналов. С июня 2013 г. все приёмные центры РТСС переведены на использование цифровых демодуляторов.

Диапазоны перемещений грунта, регистрируемые сейсмометрическими каналами, показаны на рис. 1.

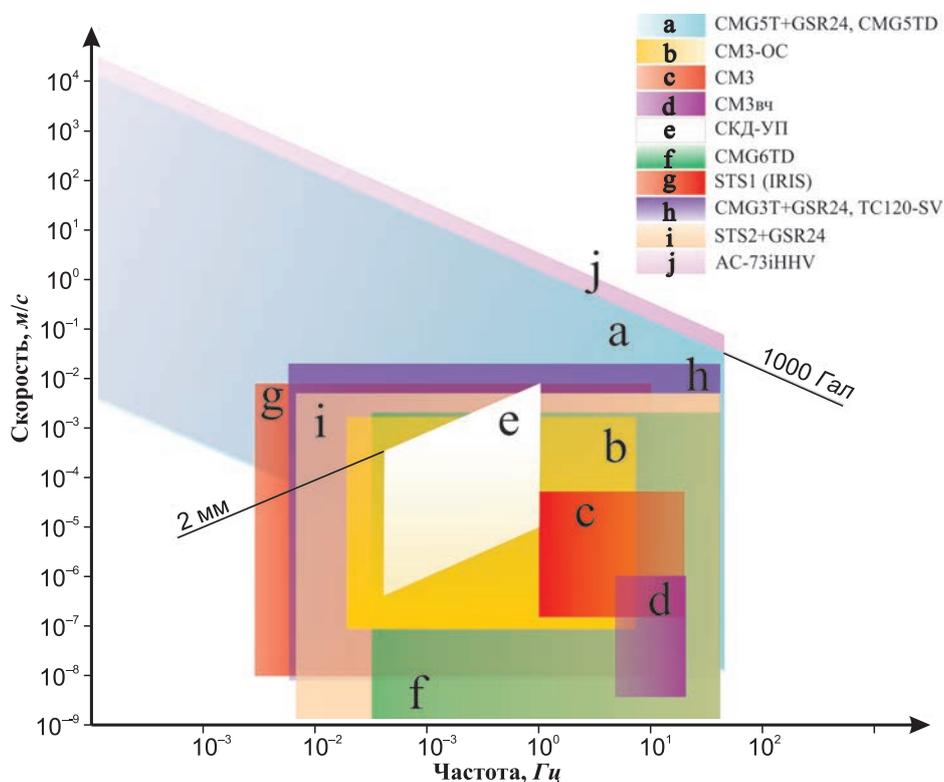


Рис. 1. Диапазоны перемещений грунта, регистрируемые сейсмометрическими каналами

Определение местоположения очага землетрясения и масштаба сейсмического источника предполагает привязку сейсмических трасс к точному времени и знание динамических характеристик сейсмометрической аппаратуры. Опыт эксплуатации цифровых приборов (оцифровка аналогового сигнала непосредственно с датчика), часы которых синхронизируются сигналами GPS, показал, что сбои в синхронизации сейсмических трасс случаются почти на всех цифровых сейсмических станциях. Поскольку станции на Камчатке работают автономно и многие труднодоступны, нарушение синхронизации может продолжаться несколько месяцев до посещения станции техническим персоналом [Шевченко, 2021]. В этом отношении станции РТСС (оцифровка аналогового сигнала производится в центре приёма радиосигнала) имеют преимущество, поскольку для привязки сейсмических трасс используются часы приёмного центра, общие для всех станций, что особенно важно для компактных локальных групп на активных вулканах.

Динамические характеристики сейсмометрического канала определяют регистрируемый без искажений диапазон перемещений грунта. Обычно при обработке сейсмических записей приходится учитывать факт сужения динамического диапазона сейсмометров на низких частотах [Shevchenko, Yakovenko, 2017], что особенно значимо для расчёта механизмов очагов землетрясений.

Передаточные функции каналов станций Камчатки представлены в форме дробно-рационального полинома:

$$H(i\omega) = A \cdot B \cdot \frac{\prod_{k=1}^n (i\omega - z_k)}{\prod_{j=1}^m (i\omega - p_j)}, \quad (1)$$

здесь ω – круговая частота, p_j – значения полюсов, z_k – значения нулей, A – коэффициент увеличения, B – нормирующий коэффициент. Значения коэффициентов A и B , нулей и полюсов передаточных функций заносятся в архив калибровок, состоящий из группы файлов. Для расчёта передаточных функций цифровых сейсмических станций используются предоставленные производителем аппаратуры паспортные данные, полученные на качественном вибростенде.

На станциях РТСС применяется импульсная калибровка сейсмометрических каналов [Шевченко и др., 1987; Шевченко, 1995]. По существу, импульсная калибровка состоит в исследовании откликов сейсмометрического канала при воздействии на его вход сигналов заданной формы

и амплитуды [Дараган, Осадчий, 1967; Mitchel, Landisman, 1969; Фремд и др., 1975; Импульсная ..., 1976]. Анализ реакции канала на ступеньку опорного напряжения (известного с точностью 2%) позволяет получить оценки уровня передачи сквозного канала, период и затухание маятника, параметры фильтров канала без сейсмометра. Для оценки параметров применяется оптимизирующий поиск методом наименьших квадратов для нелинейных функций [Химмельблау, 1973].

Подробное описание организации контроля и калибровки сейсмометрических каналов на Камчатской региональной сети сейсмических станций представлено в [Шевченко, 2018]. При оперативной и детальной обработке землетрясений сотрудниками Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН применяется программа DIMAS [Droznin, Droznina, 2011], данные для которой загружаются автоматически из архива калибровки.

Известно, что движение грунта при землетрясении в большой степени зависит от спектральных свойств грунтовой толщи в основании постаментов станций. Поэтому спектральные особенности грунта считаются важной характеристикой сейсмической станции. Расчёт спектров фоновых шумов на сейсмических станциях, интерпретация резонансных частот спектральных оценок, вычисление станционных поправок класса являются обычными приёмами в практике сейсмологических исследований. Получение этих характеристик на Камчатке выполнено для большинства сейсмических станций [Shevchenko, Yakovenko, 2018a; 2018b; 2020; Яковенко, Шевченко, 2020].

Применение сейсмометров СМ-3 на станциях РТСС

Более 40 лет в составе региональной сети сейсмических станций Камчатки работают аналоговые радиотелеметрические сейсмические станции. Можно обозначить следующие причины, определившие живучесть аналоговой сейсмической радиотелеметрии. Станции РТСС размещаются в труднодоступных местах высокогорья в составе локальных сетей на активных вулканах или на побережье. В таких условиях проводить надлежащее обслуживание цифровых станций, оборудованных системой передачи данных через спутник, довольно сложно и дорого. Применение станций РТСС в составе компактных сетей на вулканах предполагает точную привязку сейсмических трасс ко времени, что обеспечивается синхронизацией на приёмном центре от общих

часов. Привязка ко времени данных цифровых станций происходит от внутренних часов, синхронизируемых по сигналам спутника, что, как показывает опыт, не обеспечивает нужной точности [Шевченко, 2021]. Все эти причины, с учётом небольшой потребляемой мощности (около 1 Вт), делают предпочтительным применение станций РТСС для наблюдений на вулканах в составе локальных групп.

Короткопериодные каналы (тип А) станций РТСС, оборудованные сейсмометрами СМ-3, значительно уступают современным цифровым сейсмическим приборам, имея сравнительно узкий динамический диапазон (50–60 дБ). Ограничение в динамическом диапазоне почти полностью обусловлено шумами радиоканала. Тем не менее, в настоящее время действуют 34 станции.

Сейсмометр СМ-3 предназначен для записи колебаний грунта в полосе частот 0.7–100 Гц с динамическим диапазоном около 100 дБ [Томаков, 1975; Шевченко, 2021]. Штатные катушки датчиков СМ-3 для станций РТСС менялись. Установленные катушки имеют следующие значения сопротивлений и магнитоэлектрических постоянных для рабочей и калибровочной обмоток: $R_p \approx 5500 \text{ Ом}$, $G_p \approx 19 \text{ В}\cdot\text{с}$; $R_k \approx 30 \text{ Ом}$, $G_k \approx 1.5 \text{ В}\cdot\text{с}$. Обмотки сейсмометра подключаются к БСК (блок сейсмометрических каналов) [Гаврилов и др., 1987]: рабочая – к усилителю, калибровочная – к плате калибровки по схеме на рис. 2.

В целях стандартизации сейсмометров расчёт сопротивлений шунтов выполняется в соответствии с условиями: период свободных колебаний маятника $T_s = 1.2 \text{ с}$; приведённая ко входу усилителя чувствительность сейсмометра $S_{\Pi} = 100 \text{ В}\cdot\text{с}/\text{м}$ (коэффициент преобразования скорости смещения грунта в напряжение на входе усилителя); затухание маятника $D_s = D_{sp} + D_{sk}$, где затухание рабочей и калибровочной обмоток $D_{sp} = D_{sk} = 0.25$;

ток калибровки $I_k = 3 \text{ мА}$. Исходя из этих требований, расчёт шунтов выполняется по формулам:

$$R_1 = (1/\alpha - R_p) \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot R_B - R_B, \tag{2}$$

$$R_2 = (1/\alpha - R_p) \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot R_B / (\alpha \cdot \gamma \cdot R_B - 1), \tag{3}$$

$$R_3 = ((\beta - R_k) \cdot (G_k \cdot I_k - M) - M \cdot R_k) / (G_k \cdot I_k), \tag{4}$$

$$R_4 = M \cdot (R_k - R_3) / (G_k \cdot I_k - M), \tag{5}$$

$$\alpha = 4 \cdot \pi \cdot D_{sp} \cdot K_s / (G_p^2 \cdot T_s^2),$$

$$\beta = G_k^2 \cdot T_s^2 / (4 \cdot \pi \cdot D_{sk} \cdot K_s), \quad \gamma = G_p / (S_{\Pi} \cdot l_s). \tag{6}$$

Здесь R_B – входное сопротивление усилителя, M – момент сил, обеспечивающих отклонение маятника на 0.1 от максимального, K_s – момент инерции, l_s – приведённая длина маятника.

При развёртывании сети станций РТСС в 1980–1990 гг. постоянные K_s , l_s , G_p , G_k измерялись стандартным способом [Аппаратура ..., 1974]. Поскольку истинные значения постоянных и шунтов несколько разнятся от номинальных, фактическое значение приведённой чувствительности сейсмометра будет отличаться от заданного. В настоящее время для оценки фактической чувствительности датчиков в лабораторных условиях используется вибростенд «Волна» [Вибростенд ..., 2022]. Сравнение уровней гармонического сигнала на выходе эталонного и калибруемого сейсмометра позволяет уточнить значение S_{Π} . Амплитудно-частотная характеристика эталонного сейсмометра СМ-3 была получена с четырьмя значащими цифрами на образцовой виброустановке ПСВУ ОКБ ИФЗ РАН, что позволяет получить оценку чувствительности сточностью около 1%. Сравнение сигналов выполняется на частоте 5 Гц, чтобы избежать заметного влияния на результат отклонений параметров маятников T_s и D_s от номинальных значений.

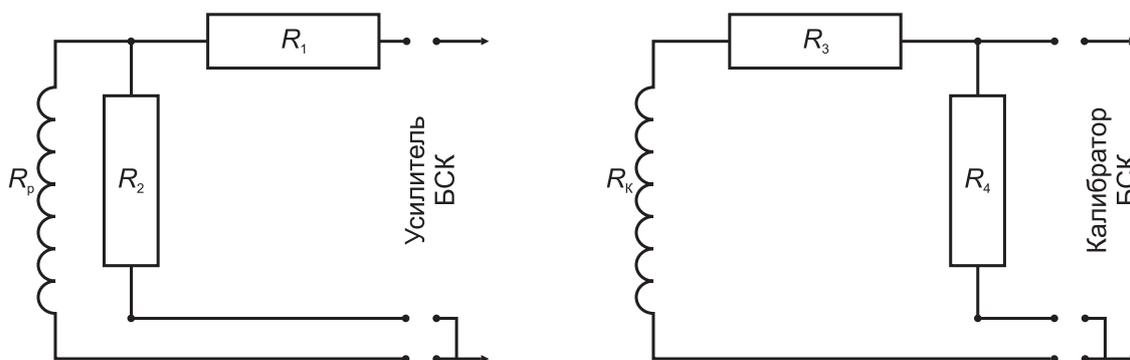


Рис. 2. Схема подключения сейсмометра СМ-3 к БСК станции РТСС

Для записи сигналов сейсмометров используется регистратор GSR-24 [GSR-24, 2022]. Вход регистратора шунтируется резистором, номинал которого рассчитывается таким образом, чтобы входное сопротивление регистратора стало равным R_B .

В полевых условиях для уточнения оценки уровня передачи каналов станций РТСС применяется регистрация сейсмических сигналов эталонным датчиком непосредственно на станции. В качестве эталонного датчика используется велосиметр CMG-6TD [CMG-6TD, 2022]. В сертификатах для CMG-6TD коэффициент передачи этого датчика приводится с четырьмя значащими цифрами, т.е. с точностью не хуже 1%.

Заключение

Представлен краткий обзор основных исследований, и обобщён опыт работы в области сейсмометрии и эксплуатации сети сейсмических станций, выполненных в рамках Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН. Дано описание аппаратурного оснащения сети сейсмических станций, кратко рассмотрена методика калибровки сейсмометрических каналов, затронуты вопросы синхронизации записей сейсмических трасс и динамических характеристик сейсмических приборов, отмечены работы по изучению свойств грунтовой толщи в основании постамента станции.

Разработанная в начале 1980-х гг. методика калибровки каналов РТСС позволила реализовать удалённый оперативный контроль состояния и характеристик каналов станций. Использование для привязки ко времени сейсмических сигналов станций РТСС часов приёмного центра обеспечивает точную синхронизацию, что особенно важно для компактных локальных групп.

Из опыта работ со скважинными сейсмометрами ЗТВ, установленными с засыпкой, надо сделать небольшое, но важное замечание. При извлечении датчика из скважины, во избежание обрыва, трос стационарно установленной лебёдки натягивается умеренно, после чего делается пауза продолжительностью 20–30 минут. Эта процедура повторяется, пока датчик не выйдет из засыпки. Обычно процесс длится 10–20 часов.

Применение сейсмометров CM-3 на сейсмических станциях КФ ФИЦ ЕГС РАН показало, что датчик является удобным в эксплуатации, прост для ремонта и модернизации. При надлежащей подготовке, отсутствии повреждённого резинового уплотнения и наличии в корпусе силикагеля, сейсмометр надёжно работа-

ет десятилетиями. Устойчивая работа датчиков как вертикальной, так и горизонтальной ориентации обеспечивается термоизоляцией камеры и достаточным заглублением бетонного основания. Такой подход при строительстве камеры позволяет избежать сезонных замерзания и оттаивания грунта, вызывающих наклоны постамента. Полоса частот и динамический диапазон колебаний грунта, для записи которых применяется сейсмометр CM-3, позволяют использовать этот датчик в составе как аналоговых, так и цифровых систем региональных сейсмических станций.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-01471-22) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфраструктурный комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира» (<https://ckp-rf.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).

Литература

- Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР* / Ред. З.И. Аранович, Д.П. Кирнос, В.М. Фремд. — М.: Наука, 1974. — 244 с.
- Вибростенд Волна ВС4*. Сейсмическое оборудование. Сейсмометры, геофоны и сейсмоприёмники // Rsensors [сайт]. — URL: http://old.r-sensors.ru/12_prod_shake_tables_ru.shtml (дата обращения 01.04.2022).
- Гаврилов В.А., Воронаев В.Ф., Головицкова И.А., Лянный Ю.А., Пудов А.Л., Торосян Г.О.* Комплекс радиотелеметрической аппаратуры ТЭСИ-2 // Сейсмические приборы. — 1987. — Вып. 19. — С. 5–17.
- Дараган М.А., Осадчий А.П.* Импульсная калибровка и контроль сейсмического канала // Вычислительная сейсмология. — 1967. — Вып. 4. — С. 245–252.
- Дроздин Д.В., Шевченко Ю.В., Ящук В.В.* Оценка работы цифрового демодулятора в аналоговых каналах радиотелеметрической сейсмической станции // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. IV научно-техническая конференция. Программа. Тезисы докладов. — Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2013. — С. 45.
- Импульсная калибровка сейсмометрических каналов* / Ред. З.И. Аранович. — М.: Наука, 1976. — 236 с.
- Сенюков С.Л.* Мониторинг активности вулканов Камчатки дистанционными средствами наблюдения в 2000–2004 гг. // Вулканология и сейсмология. — 2006. — № 3. — С. 68–79. — EDN: HTUGWF

- Токмаков В.А. Сейсмометр СМ-3 // Сейсмические приборы. — 1975. — Вып. 8. — С. 14–18.
- Фрейд В.М., Троицкий П.А., Рыскулов Д.Р., Токторов Б.А., Турдуматов Б.М., Чикова Э.П., Шилова Н.Е. Система контрольной импульсной калибровки каналов регистрации сильных землетрясений на сейсмических станциях СССР // Сейсмические приборы. — 1975. — Вып. 8. — С. 85–98.
- Химмельблау Д.М. Анализ процессов статистическими методами. — М.: Мир, 1973. — 756 с.
- Шевченко Ю.В. Метрологическое обеспечение сейсмотелеметрических сетей станций на Камчатке // Вулканология и сейсмология. — 1995. — № 1. — С. 90–105.
- Шевченко Ю.В. Организация метрологического обеспечения на камчатской сети сейсмических станций // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. — 2018. — Т. 24, № 4. — С. 226–234. doi: 10.18454/2079-6641-2018-24-4-226-234. — EDN: YSQADZ
- Шевченко Ю.В. Сейсмический канал для регистрации слабых событий // Вулканология и сейсмология. — 1996. — № 4. — С. 119–121.
- Шевченко Ю.В. Сравнение оценок параметров гипоцентров землетрясений Камчатского региона из разных каталогов // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. — 2021. — Т. 35, № 2. — С. 141–149. doi: 10.26117/2079-6641-2021-35-2-141-149. — EDN: HBUOGA
- Шевченко Ю.В., Гаврилов В.А., Лянник Ю.А. Импульсная калибровка сейсмометрических каналов радиотелеметрической системы // Вулканология и сейсмология. — 1987. — № 4. — С. 98–103.
- Яковенко В.В., Шевченко Ю.В. Особенности фоновых микросейсм на сейсмических станциях Камчатки как отражение спектральных характеристик грунтов // Российский сейсмологический журнал. — 2020. — Т. 2, № 2. — С. 91–101. doi: 10.35540/2686-7907.2020.2.09. — EDN: LIKZKM
- Chebrov V.N., Droznin D.V., Kugaenko Yu.A., Levina V.I., Seniukov S.L., Sergeev V.A., Shevchenko Yu.V., Yashchuk V.V. The system of detailed seismological observations in Kamchatka in 2011 // Journal of Volcanology and Seismology. — 2013. — V. 7, N 1. — P. 16–36. doi: 10.1134/S0742046313010028. — EDN: RFDGAD
- Chebrov V.N., Gusev A.A., Gussyakov V.K., Mishatkin V.N., Poplavsky A.A. Concept for developing a seismologic observation system for tsunami warning in the Russian Far East // Seismic Instruments. — 2010. — V. 46, N 3. — P. 275–285. doi: 10.3103/S0747923910030096
- CMG-6TD // DSYS [сайт]. — URL: <https://dsys.ru/shop/po-kategorijam/seismicheskoe-oborudovanie/velosimetry/cmg-6td.html> (дата обращения 01.04.2022).
- Droznin D.V., Droznina S.Y. Interactive DIMAS program for processing seismic signals // Seismic Instruments. — 2011. — V. 47, N 3. — St. 215. doi: 10.3103/S0747923911030054
- GSR-24 // GeoSIG [сайт]. — URL: <https://www.geosig.com/GSR-24---id12591.aspx> (дата обращения 01.04.2022).
- Mitchel B.J., Landisman M. Electromagnetic seismograph constants by least squares inversion // Bulletin of the Seismological Society of America. — 1969. — V. 59, N 3. — P. 1335–1349.
- Shevchenko Yu.V., Yakovenko V.V. Calculating the station corrections to earthquake energy class and the acoustic impedance for Kamchatka stations // Journal of Volcanology and Seismology. — 2018a. — N 3. — P. 221–230. doi: 10.1134/S0742046318030077. — EDN: YBJBTB
- Shevchenko Yu.V., Yakovenko V.V. Increment of macroseismic intensity of ground vibrations at seismic stations of Kamchatka relative to the station “Petropavlovsk” // Seismic Instruments. — 2018b. — V. 54, N 4. — P. 488–498. doi: 10.3103/S0747923918040096
- Shevchenko Yu.V., Yakovenko V.V. Intrinsic noise of seismometers at frequencies from 0.01 to 0.1 Hz // Seismic Instruments. — 2017. — V. 53, N 1. — P. 70–80. doi: 10.3103/S074792391701008X
- Shevchenko Yu.V., Yakovenko V.V. Spectral characteristics of the soil at seismic stations of Kamchatka // Seismic Instruments. — 2020. — V. 56, N 2. — P. 194–212. doi: 10.3103/S0747923920020103

Сведения об авторе

Шевченко Юрий Валентинович, начальник сектора метрологии Камчатского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (КФ ФИЦ ЕГС РАН), г. Петропавловск-Камчатский, Россия. E-mail: klb@emsd.ru

Kamchatka network of seismic stations. Operational experience

© 2022 Yu.V. Shevchenko

KB GS RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

Received May 6, 2022

Abstract The creation of the Kamchatka regional network of seismic stations began in 1961. The number of stations over the past 60 years has gradually increased and by 2022 the Kamchatka regional network of seismic stations consisted of 88 stations. Data from all seismic stations are available in digital form and provide continuous observations of the seismicity of the Kamchatka region, the fulfillment of tasks within the framework of the Urgent Seismic Reporting Service and the Tsunami Warning Service, seismic monitoring of volcanoes in order to predict eruptions and control their condition. All stations operate independently. The article presents a brief overview of the main studies and summarizes the experience in the field of seismometry and the operation of a network of seismic stations. A description of the equipment of seismic stations is given, a technique for calibrating seismometric channels is briefly considered, issues of synchronization of records of seismic traces and dynamic characteristics of seismic instruments are touched upon, work on studying the properties of the soil stratum at the base of the station pedestal is noted. Some technical aspects of the use of the CM3 seismometer at radio telemetric seismic stations are outlined.

Keywords Seismometry, operating experience of seismic stations.

For citation Shevchenko, Yu.V. (2022). [Kamchatka network of seismic stations. Operational experience]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 4(3), 44-51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2022.3.04>. EDN: JTEYYR

References

- Aranovich, Z.I. (Ed.). (1976). *Impul'snaia kalibrovka seismometricheskikh kanalov* [Impulse calibration of seismometric channels]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 236 p. (In Russ.).
- Aranovich, Z.I., Kirnos, D.P., & Fremd, V.M. (Eds). (1974). *Apparatura i metodika seismometricheskikh nabludeni v SSSR* [Equipment and methods of seismometric observations in the USSR]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 244 p. (In Russ.).
- Calibration shake table Volna VS4* (2022). Seismic equipment. Seismometers, geophones and dataloggers. *Rensors*. Retrieved from http://old.r-sensors.ru/12_prod_shake_tables.shtml
- Chebrov, V.N., Droznin, D.V., Kugaenko, Yu.A., Levina, V.I., Seniukov, S.L., Sergeev, V.A., Shevchenko, Yu.V., & Yashchuk, V.V. (2013). The system of detailed seismological observations in Kamchatka in 2011. *Journal of Volcanology and Seismology*, 7(1), 16-36. doi: [10.1134/S0742046313010028](https://doi.org/10.1134/S0742046313010028). EDN: RFDGAD
- Chebrov, V.N., Gusev, A.A., Gusakov, V.K., Mishatkin, V.N., & Poplavsky, A.A. (2010). Concept for developing a seismologic observation system for tsunami warning in the Russian Far East. *Seismic Instruments*, 46(3), 275-285. doi: [10.3103/S0747923910030096](https://doi.org/10.3103/S0747923910030096)
- CMG-6TD. (2022). *DSYS*. Retrieved from <https://dsys.ru/shop/po-kategorijam/seismicheskoe-oborudovanie/velosimetry/cmg-6td.html>. (In Russ.).
- Daragan, M.A., & Osadchiy, A.P. (1967). [Pulse calibration and seismic channel control]. *Vychislitel'naia seismologiya* [Computational seismology], 4, 245-252. (In Russ.).
- Droznin, D.V., & Droznina, S.Y. (2011). Interactive DIMAS program for processing seismic signals. *Seismic Instruments*, 47(3), 215. doi: [10.3103/S0747923911030054](https://doi.org/10.3103/S0747923911030054)
- Droznin, D.V., Shevchenko, Yu.V., & Yashchuk, V.V. (2013). [Evaluation of the operation of a digital demodulator in analog channels of a radiotelemetric seismic station]. In *Problemy kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dal'nego Vostoka Rossii. IV nauchno-tehnicheskaya konferentsiya. Programma. Tezisy докладов* [Problems of integrated geophysical monitoring of the Russian Far East. IV scientific and technical conference. Program. Abstracts of reports] (p. 45). Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: KB GS RAS. (In Russ.).
- Fremd, V.M., Troitsky, P.A., Ryskulov, D.R., et al. (1975). [System for control pulsed calibration of channels for recording strong earthquakes at seismic stations of the USSR]. *Seismicheskie pribory* [Seismic Instruments], 8, 85-98. (In Russ.).

- Gavrilov, V.A., Voropaev, V.F., Golovshchikova, I.A., Lyannik, Yu.A., Pudov, A.L., & Torosyan, G.O. (1987). [Complex of radio telemetry equipment TESI-2]. *Seismicheskie pribory* [Seismic Instruments], 19, 5-17. (In Russ.).
- GSR-24. (2022). *GeoSIG*. Retrieved from <https://www.geosig.com/GSR-24---id12591.aspx>
- Himmelblau, D.M. (1973). *Analiz protsessov statisticheskimi metodami* [Analysis of processes by statistical methods]. Moscow, Russia: Mir Publ., 756 p. (In Russ.).
- Mitchel, B.J., & Landisman, M. (1969). Electromagnetic seismograph constants by least squares inversion. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 59(3), 1335-1349.
- Senyukov, S.L. (2006). [Monitoring of the activity of Kamchatka volcanoes by remote means of observation in 2000-2004]. *Vulkanologiya i seismologiya* [Volcanology and Seismology], 3, 68-79. (In Russ.). EDN HTUGWF
- Shevchenko, Yu.V. (1995). [Metrological support of seismo-telemetric networks of stations in Kamchatka]. *Vulkanologiya i seismologiya* [Volcanology and Seismology], 1, 90-105. (In Russ.).
- Shevchenko, Yu.V. (1996). [Seismic channel for registration of weak events]. *Vulkanologiya i seismologiya* [Volcanology and Seismology], 4, 119-121. (In Russ.).
- Shevchenko, Yu.V. (2018). [Organization of metrological assurance on the Kamchatka seismic network]. *Vestnik KRAUNTs. Fiziko-matematicheskie nauki* [Bulletin KRASEC. Physical and Mathematical Sciences], 24(4), 226-234. (In Russ.). doi: 10.18454/2079-6641-2018-24-4-226-234. EDN: YSQADZ
- Shevchenko, Yu.V. (2021). [Comparison of estimates parameters of earthquakes in the Kamchatka region from different catalogs]. *Vestnik KRAUNTs. Fiziko-matematicheskie nauki* [Bulletin KRASEC. Physical and Mathematical Sciences], 35(2), 141-149. (In Russ.). doi: 10.26117/2079-6641-2021-35-2-141-149. EDN: HBUOGA
- Shevchenko, Yu.V., & Yakovenko, V.V. (2017). Intrinsic noise of seismometers at frequencies from 0.01 to 0.1 Hz. *Seismic Instruments*, 53(1), 70-80. doi: 10.3103/S074792391701008X
- Shevchenko, Yu.V., & Yakovenko, V.V. (2018a). Calculating the station corrections to earthquake energy class and the acoustic impedance for Kamchatka stations. *Journal of Volcanology and Seismology*, 3, 221-230. doi: 10.1134/S0742046318030077. EDN: YBJBTV
- Shevchenko, Yu.V., & Yakovenko, V.V. (2018b). Increment of macroseismic intensity of ground vibrations at seismic stations of Kamchatka relative to the station "Petropavlovsk". *Seismic Instruments*, 54(4), 488-498. doi: 10.3103/S0747923918040096
- Shevchenko, Yu.V., & Yakovenko, V.V. (2020). Spectral characteristics of the soil at seismic stations of Kamchatka. *Seismic Instruments*, 56(2), 194-212. doi: 10.3103/S0747923920020103
- Shevchenko, Yu.V., Gavrilov, V.A., & Lyannik, Yu.A. (1987). [Pulse calibration of seismometric channels of a radio telemetry system]. *Vulkanologiya i seismologiya* [Volcanology and Seismology], 4, 98-103. (In Russ.).
- Tokmakov, V.A. (1975). [Seismometer SM-3]. *Seismicheskie pribory* [Seismic Instruments], 8, 14-18. (In Russ.).
- Yakovenko, V.V., & Shevchenko, Yu.V. (2020). [Features of background microseisms at seismic stations of Kamchatka as a reflection of spectral characteristics of soils]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 2(2), 91-101. (In Russ.). doi: 10.35540/2686-7907.2020.2.09. EDN: LIKZKM

Information about author

Shevchenko Yuri Valentinovich, Head of the Metrology Group of the Kamchatka Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (KB GS RAS), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia. E-mail: klb@emsd.ru