

УДК 550.34

КАМЧАТСКИЙ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Раевская А.А., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Чеброва А.Ю.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Введение

Камчатский сейсмологический бюллетень (Бюллетень) – это основной результат мониторинга сейсмичности Камчатки. Бюллетень формируется на основе результатов обработки землетрясений из камчатской зоны ответственности, полученных различными группами обработчиков. Запись в Бюллетене включает подробные станционные данные (времена вступлений волн, замеренных на различных каналах; амплитуды максимальных колебаний сейсмических волн и их периоды) и полученные на их основе параметры землетрясения (дата, время в гипоцентре, координаты, глубина и ошибки определения, энергетическая оценка), а также дополнительные параметры землетрясений (механизмы очагов, макросейсмические данные и др.).

Несмотря на то, что при формировании Бюллетеня в равной степени важны организация сети сейсмологических наблюдений, сбор сейсмологических данных и их обработка с последующей систематизацией и хранением, в данной работе авторы уделили большое внимание эволюции процессов обработки землетрясений и получения их основных и дополнительных параметров. Об истории создания камчаткой сети сейсмических станций и организации сбора сейсмологической информации хорошо и подробно написано в работах [4–6, 10, 19, 32, 35, 37–40].

В докладе большое внимание уделяется истории трансформации групп, ответственных за обработку землетрясений; истории изменения технологии и методики обработки; упоминаются некоторые внутренние договоренности, повлиявшие на целостность и однородность получаемых данных. Кратко рассказывается об истории развития способов хранения информации, формирующей Бюллетень. Авторы попытались упомянуть максимальное количество людей, принимавших участие в ежедневной рутинной обработке камчатских сейсмологических данных и ключевые фигуры, работа которых положила основу или значительно повлияла на развитие процесса получения, обработки и систематизации сейсмологической информации.

Необходимо отметить, что в течение многих лет – с момента начала детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке в 1961 г. и до 2010-х гг. – задача составления Бюллетеня как единого целого перед камчатской сейсмической службой не ставилась. Главной целью было получение оперативного и окончательного каталогов. Весь комплекс исходных данных и дополнительных параметров землетрясений сохранялся сначала на бумажных носителях, затем был переведен в электронный вид и, начиная с 1980-х гг., постепенно объединен в составе регионального Банка сейсмологических данных [8, 19, 22]. Развитие современных информационных технологий позволило специалистам КФ ГС РАН в начале 2010-х гг. создать Единую информационную систему сейсмологических данных (ЕИССД) [29, 30, 46–49]. Важнейшим достоинством ЕИССД стала возможность автоматического формирования Бюллетеня, включающего для каждого уникального сейсмического события подробные станционные данные и основные параметры, полученные всеми группами обработки камчатской сейсмической службы, и дополнительные параметры.

Информацию, представленную в статье, можно рассматривать как исторический очерк, а также использовать в качестве справочной информации при работе с данными Бюллетеня.

Работа групп камеральной обработки Тихоокеанской сейсмологической экспедиции и лаборатории сети геофизических стационаров Института вулканологии, 1961–1971 гг.

В 1961–1962 гг. специалистами Тихоокеанской сейсмологической экспедиции (ТСЭ) ИФЗ АН СССР, возглавляемой С.А. Федотовым, совместно с Камчатской геолого-геофизической экспедицией (КГГО), были начаты детальные сейсмологические наблюдения на Камчатке. К концу 1962 г. в регионе работала сеть из семи впервые открытых и трех действовавших ранее сейсмических станций [34]. Массовая камеральная обработка поступающих сейсмограмм была организована уже в 1961 г. Расчет положения гипоцентров велся вручную по методу палеток изохрон Ю.В. Ризниченко [28] с использованием среднекамчатского годографа И.П. Кузина [20]. Время в очаге определялось по графику Вадати. Процедура локации землетрясения занимала 15–20 минут, а в сложных случаях требовалось и несколько дней. Исходные данные о временах вступлений,

максимальных амплитудах и периодах P - и S -волн, результаты расчета основных параметров по каждому землетрясению вносили в индивидуальную бумажную карточку за личной подписью сотрудника, производившего обработку. Карточки за каждый месяц подшивались в книги, которые в настоящее время хранятся в архиве КФ ФИЦ ЕГС РАН. Ответственной за материалы архива с момента его создания и по настоящий день является Е.И. Федорова.

В 1962–1967 гг. для энергетической классификации камчатских землетрясений использовалась номограмма, построенная по результатам работы ТСЭ в 1958–1960 гг. на Южных Курилах [33]. В 1968 г. в рутинную обработку была введена шкала энергетических оценок $K_{SL.2}^{\Phi 68}$ С.А. Федотова [31]. Тогда же начала действовать и система поправок к энергетическим классам K_P и K_S по P - и S -волнам [31]. Средний класс по сети вплоть до 2009 г. считался только по станциям, для которых были определены поправки. Шкала $K_{SL.2}^{\Phi 68}$ применялась для энергетической оценки камчатских землетрясений в течение всего времени работы камчатской сейсмической службы и продолжает использоваться в настоящее время; в соответствии с ней были пересчитаны землетрясения 1962–1967 гг. с учетом станционных поправок к классам.

Технология составления каталога землетрясений была двухступенчатой: составлялся оперативный каталог по данным сейсмических станций, получаемым ежедневно по радиосвязи, и окончательный – при поступлении сейсмограмм со всех станций и проведении детальной обработки. Получение оперативного каталога наряду с окончательным входило в обязанности сотрудников камеральных групп обработки вплоть до 1992 г.

В ежегоднике «Землетрясения в СССР в 1963 г.». [13] вышла статья, где были подведены итоги первых двух лет работы ТСЭ на Камчатке и представлен окончательный каталог камчатских землетрясений за ноябрь 1961–1963 гг. С 1964 г. каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов вместе с обобщающей годовой статьей по сейсмичности региона ежегодно публиковался в сборнике «Землетрясения в СССР» до прекращения его выпуска в связи с распадом Советского Союза в 1991 г.

Первые руководители и сотрудники группы обработки были приглашены С.А. Федотовым из Москвы и Ленинграда; затем к работе стали привлекать и местные кадры. В первые годы работы камеральная группа располагалась на базе ТСЭ, находившейся на 5-м километре Елизовского шоссе в г. Петропавловске-Камчатском. Здесь, на первых этажах двух четырехэтажных домов, сотрудники ТСЭ жили и работали. В 1962–1971 гг. руководителями группы обработки и ответственными за окончательный каталог были И.П. Кузин и А.М. Багдасарова (в 1961–1966 гг.), А.А. Годзиковская (в 1967–1968 гг.), А.М. Кондратенко (в 1969–1971 гг.). В обработке принимали участие А.И. Кузина, З.А. Борисова, Л.В. Коновалова, А.Х. Паперно, И.П. Григорьева, А.А. Годзиковская, Л.В. Филина, Т. Шелягина, Т.С. Лепская.

В 1965 г. к обработчикам ТСЭ подключилась камеральная группа Лаборатории сети геофизических стационаров (ЛСГС) Института Вулканологии. Сейсмограммы делились между группами подекадно. В обработке участвовали сотрудницы ЛСГС С.И. Морозова, А.С. Бобкова, Н.И. Реутова, К.А. Сычева, А.В. Третьякова, В.И. Кузнецова, Р.Д. Небера, В.Ф. Радчук, Ю.В. Масленникова, Ю.В. Карпухина. В 1966 г. в ЛСГС начал работу В.М. Зобин, сразу же ставший руководителем камеральной группы лаборатории. В конце 1966 г. по ходатайству С.А. Федотова Академией наук были выделены средства на приобретение для ТСЭ одной из квартир в жилом доме № 15/1 по улице Горького в г. Петропавловске-Камчатском, где разместились группа обработки и административно-хозяйственные службы экспедиции. В этом же доме получили квартиры сотрудники ТСЭ.

А.А. Годзиковская и И.П. Кузин написали яркие и интересные воспоминания, раскрывающие многие грани работы и жизни сотрудников ТСЭ на Камчатке в 1960-е гг. Тексты воспоминаний размещены на сайте КФ ФИЦ ЕГС РАН (http://www.emsd.ru/files/ku/A_A_Godzikovsk-.pdf, http://www.emsd.ru/files/ku/I_P_KUZIN-.pdf).

Лаборатория сейсмологии Института вулканологии ДВНЦ АН СССР, 1972–1978 гг.

С начала 1970-х гг. сейсмологические исследования ТСЭ продолжились уже в стенах Института вулканологии ДВНЦ АН СССР. С 1971 г. сотрудники ЛСГС продолжили работу только над вулканической сейсмичностью в составе созданной в Институте вулканологии лаборатории прогноза и механизма извержений. Сотрудники камеральной группы ТСЭ – Т.С. Лепская, Л.И. Богатова, Е.В. Попкова, З.А. Борисова, И.П. Григорьева, А.С. Морозова, Т.В. Почивалова, Л.И. Прибылова – в 1972 г. были переведены в Институт вулканологии в лабораторию сейсмологии, которую возглавила канд. физ.-мат. наук И.Г. Симбирева. Лаборатория разместилась в здании

Института Вулканологии на бульваре Пийпа, 9. Камеральная группа получила просторный двоянный кабинет № 339, «камералку». В этом кабинете вплоть до 2009 г. велась окончательная обработка землетрясений Камчатки и Командорских островов.

Важнейшей вехой этого периода стал переход к обработке сейсмологической информации на ЭВМ. С 1978 г. для определения положения гипоцентров камчатских землетрясений начала использоваться программа GIP (ГИПО, ГИ-77), разработанная одним из ведущих сейсмологов современности А.А. Гусевым [11]. Воспоминания автора о создании программы и краткая научная автобиография размещены на сайте КФ ФИЦ ЕГС РАН (http://www.emsd.ru/~gusev/history_hipo.htm, <http://www.emsd.ru/~gusev/history.htm>). В последующие годы по программе GIP были пересчитаны результаты ручной обработки событий 1962–1977 гг. [22, 45]. Программа применялась для определения параметров гипоцентров камчатских землетрясений до 2009 г. включительно.

В 1971 г. был введен официальный нижний энергетический порог регистрации камчатских землетрясений $K_5=6.5$. Однако, большое число землетрясений 1971 г. и связанные с этим трудности обработки заставили с 1974 г. ввести ограничения по энергетическому классу, подняв пороговое значение K_5 до 7.5. Это ограничение действовало до 1996 г.

Лаборатория сводной обработки Камчатской опытно-методической сейсмологической партии (КОМСП)¹ Института вулканологии ДВНЦ АН СССР, 1979–2009 гг.

В 1979 г. на базе лабораторий сейсмометрии и сейсмологии Института вулканологии была создана Камчатская опытно-методическая сейсмологическая партия (КОМСП ИВ ДВНЦ СССР). В КОМСП была образована лаборатория сводной обработки (ЛСО), в штат которой вошли бывшие сотрудники камеральной группы лаборатории сейсмологии – Т.С. Лепская, Л.И. Прибылова, Т.В. Миндлина, В.А. Потапова, Т.Г. Мартышкина и инженер Е.И. Иванова. Заведующим лабораторией стал канд. физ.-мат. наук В.М. Зобин.

По инициативе В.М. Зобина было организовано ведение каталогов дополнительных параметров камчатских землетрясений. В 1979 г. началось формирование каталога механизмов очагов землетрясений по первым вступлениям объемных волн – сначала по методическим указаниям, разработанным на основании [3], а затем (в 2000-х гг.) по программе FA А.В. Ландера; механизмы, рассчитанные ранее, были переопределены по программе FA. Бессменным составителем каталога механизмов до 2019 г. стала Е.И. Иванова. Были систематизированы и приведены в машиночитаемый вид сведения о макросейсмических проявлениях землетрясений Камчатки и Командорских островов, составившие основу регионального макросейсмического каталога [2, 19, 27].

В связи с развитием камчатской сейсмической сети в лаборатории были проведены работы по пересмотру станционных поправок к энергетическим классам K_p и K_s , действовавших с 1968 г. С 1990 г. начали использоваться уточненные, а по 50% станций – впервые посчитанные поправки [17]. Для землетрясений 1962–октябрь 1974 гг. использовались поправки С.А. Федотова [31]; ноябрь 1974–1993 гг. – поправки В.М. Зобина [17]. Для землетрясений 1994–1996, 1997–2005 и 2006–2009 гг. использовались станционные энергетические поправки, определенные по методике [17], но не опубликованные.

В 1992 г. в рутинную обработку была введена дополнительная методика оценки энергетического класса K_c сильных землетрясений по уровню кода-волн и станционные поправки для его определения [23]; по этой методике были определены параметры коды и для событий 1962–1991 гг. В случае невозможности расчета K_s в каталоге вместо него начали указывать класс по коду K_c [16, 45]. В случае невозможности расчета K_c в каталоге указывается класс, пересчитанный из магнитуд. Расчет среднего значения энергетических классов K_s , K_p и K_c землетрясений 1962–2009 гг. велся только по станциям, имеющим энергетические поправки; при этом станционный класс с поправкой должен был отличаться от среднего значения класса не более чем на 1.0, 0.7 и 0.5 соответственно [45]. Необходимо отметить, что оригинальные классы (без поправок) определялись и сохранялись для всех станций.

В 1992 г. окончательный каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов с $K_5>8.5$ вместе с обобщающей годовой статьей по сейсмичности региона начал публиковаться в сборнике «Землетрясения Северной Евразии» [14], а с 2004 г. – и в ежегоднике «Землетрясения России» [15].

¹ С 1997 г. – КОМСП Геофизической службы РАН, с 2005 г. – Камчатский филиал Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН), с 2018 г. – Камчатский филиал Федерального информационного центра «Единая геофизическая служба РАН» (КФ ФИЦ ЕГС РАН)

В 1993–2009 гг. лабораторией руководила В.И. Левина. Ведущим результатом этого периода работы лаборатории стал переход от хранения сейсмологической информации на бумажных носителях к цифровым базам данных. В 1989 г. специалисты ЛСО (В.И. Левина, Г.М. Бахтиярова, С.В. Митюшкина) начали разработку регионального Банка сейсмологических данных [8, 9, 41], со временем объединившего обширный систематизированный материал по землетрясениям Камчатки и Командорских островов:

- первичные материалы наблюдений – сейсмограммы, волновые формы, сведения о сейсмических станциях, бюллетени сейсмических станций, данные о макросейсмических проявлениях, данные о пунктах сбора макросейсмической информации;

- результаты обработки землетрясений – оперативные и окончательный каталоги основных параметров землетрясений, каталоги подробных данных, макросейсмический каталог, каталог механизмов, каталог магнитуд, каталоги ГС РАН, USGS, ISC, GCMT для камчатских землетрясений.

Структурированное хранение данных в Банке сейсмологических данных обеспечивалось набором программ; отдельное внимание уделялось контролю качества обработки, сводившему к минимуму попадание ошибок обработчиков в базу данных [44].

В середине 1990-х гг. начался перевод исходных данных землетрясений 1962–1988 гг. с бумажных носителей в машиночитаемую форму и приведение их к единому формату [22]. При этом исправлялись грубые ошибки обработки, и производился пересчет определений гипоцентров по программе GIP. Эта работа была полностью закончена в ЛСО только в 2019 г. [45].

В 1996 г. сотрудники ЛСО одновременно со специалистами отдела радиотелеметрических сейсмических станций (РТСС) КОМСП перешли к автоматизированной обработке цифровых сейсмограмм на персональных компьютерах в программе DIMAS Д.В. Дроздина [12] по данным сети телеметрических станций. В этом же году были сняты ограничения по энергетическому классу K_S . Ручная обработка бумажных сейсмограмм велась параллельно до 2006 г., когда сеть аналоговых сейсмических станций Камчатки была полностью переведена на цифровую регистрацию.

В 1999 г. была получена формула пересчета энергетического класса С.А. Федотова K_S в локальную короткопериодную магнитуду M_l камчатской сети [31, 52].

В 2004–2009 гг. в лаборатории велся расчет станционной магнитуды M_C по записям кода-волн по методике [7]; при этом замеры исходных данных вели в соответствии с рекомендациями [23].

С 2006 г. начали применяться поправки на времена пробега P - и S -волн для станций, участвующих в расчете параметров северных землетрясений 2006–2009 гг. с эпицентром $\geq 59.5^\circ$ с. ш. [21].

Основной задачей лаборатории до 2009 г. оставалось получение окончательного каталога. Его ответственным составителем в течение многих лет, с 1979 по 2005 гг., была Т.С. Лепская, а в 2006–2009 гг. – Н.А. Шевченко.

Сотрудники камеральной группы ЛСО, трудившиеся в разные годы: О.Г. Антипова, И.И. Березовская, Л.И. Богатова, З.А. Борисова, Ж.В. Ерохина, С.А. Зенина, Е.А. Карпенко, Т.М. Кривогорницына, Н.А. Леднева, Т.С. Лепская, Т.В. Миндлина, И.Н. Митякина, А.Н. Муругова, С.А. Пархоменко, Н.П. Пасечко, Л.В. Пилипенко, В.А. Потапова, Е.В. Попкова, Л.И. Прибылова, А.А. Раевская, Г.И. Райт, И.Е. Струговец, Т.П. Рубанова, В.Н. Чиркова, Е.И. Федорова, Н.А. Шевченко, С.А. Шевченко, Л.П. Яновская.

Лаборатория исследования сейсмической и вулканической активности КФ ФИЦ ЕГС РАН, 2001 г. – наст. время

Лаборатория исследования сейсмической и вулканической активности (ЛИСВА) была организована в 2001 г. на базе отдела РТСС КОМСП.

В 1992 г. специалистами отдела РТСС под руководством В.В. Ящука стала проводиться оперативная обработка землетрясений по данным телеметрической сети с задержкой не более суток. К 2001 г. получаемый в отделе оперативный каталог уже был близок к окончательному; оперативная обработка вулканических землетрясений являлась окончательной [19]. Для оперативного определения параметров гипоцентров вплоть до 2009 г. использовалась программа НПО Ю.Ю. Мельникова [25]. В 1993 г. в РТСС была введена в обработку методика оперативного определения магнитуды M_C по записям кода-волн [7].

В ЛСО с 1992 по 2009 гг. велась только окончательная обработка по мере поступления бумажных сейсмограмм; данные телеметрических станций обрабатывались заново. Фактически, двумя подразделениями велся параллельный процесс обработки землетрясений.

В 1996 г. была разработана и вступила в строй система цифровой регистрации на приемных центрах РТСС, организован доступ к данным телеметрии в реальном времени, разработан программный пакет для компьютерной обработки цифровых сейсмограмм [12]. Данные с аналоговых сейсмических станций для нужд оперативной обработки по-прежнему ежедневно передавались по радиосвязи. В 2004–2006 гг. все аналоговые станции камчатской сейсмической сети были переведены на цифровую регистрацию, их данные стали доступны в реальном времени.

В рамках создания сейсмической подсистемы Службы предупреждения о цунами сотрудником КФ ГС РАН Е. А. Пантюхиным в конце 2008 г. была разработана и внедрена система сбора, хранения и представления результатов обработки землетрясений, внутри организации получившая название «Оперативный каталог» [9, 41]. Система была создана своевременно и стала одним из шагов, необходимых для перехода к формированию окончательного каталога землетрясений в режиме времени, близком к реальному. По настоящий день эта система является важным инструментом группы обработки в лаборатории ЛИСВА.

С 2010 г. для целей срочной и окончательной обработки стал применяться новый алгоритм расчета параметров гипоцентра DIMAS, интегрированный в одноименную программу автоматизированной обработки сейсмических сигналов [12, 42]. Обоснование перехода к новой программе расчета гипоцентрии и оценка его влияния на качество каталога землетрясений приведены в работе [42]. Модернизация сети и внедрение современных технических и программных средств работы с данными позволили с 2010 г. получать в ЛИСВА окончательный каталог землетрясений в оперативном режиме [42].

Необходимо отметить, что с 2010 г. при обработке землетрясений не ведется определение таких параметров, как класс K_p по P -волне и класс K_c по кода-волнам, которые входили в окончательный каталог 1962–2009 гг. [42]. Изменилась и методика определения среднего класса по сети – перестала использоваться система поправок к энергетическим классам K_p и K_c , действовавшая до 2010 г. В работах [42, 44] приведены результаты комплексного анализа факторов, в том числе изменения методик обработки с 2010 г., повлиявших на качество и однородность определения параметров землетрясений с 1962 г. по настоящее время.

С момента своего создания ЛИСВА ведет работы по срочной обработке землетрясений, начатые отделом РТСС в 1993 г. В режиме Службы срочных донесений и в соответствии со служебным регламентом лаборатории, действующим в 2019 г., с задержкой до 30 минут ведется обработка землетрясений всех землетрясений Дальнего Востока России с $M \geq 6$, Камчатки – с $M \geq 4.5$, для района Авачинского залива – с $M \geq 4.0$. По данным РТСС производится оценка параметров камчатских землетрясений с $M \geq 4.0$ в автоматическом режиме.

С 2001 г. ЛИСВА возглавляет канд. геол.-мин. наук С.Л. Сенюков. В настоящее время в лаборатории трудятся С.Я. Дрознина, А.Н. Должикова, Е.А. Карпенко, Т.Ю. Кожевникова, Н.А. Леднева, З.А. Назарова, Н.А. Напылова, О.А. Напылова, И.Н. Нуждина, О.В. Соболевская, С.Л. Толокнова. Большой вклад в деятельность лаборатории внесли Н.П. Козырева, В.Т. Гарбузова, М.В. Демянчук, Н.И. Козлова, Н.П. Пасечко, В.Е. Блинецов.

С 1992 г. по 2006 г. ответственной за обработку региональных землетрясений была Н.П. Козырева, с 2007 г. по настоящее время – С.Я. Дрознина. С 2010 г. С.Я. Дрознина является ответственной за составление окончательного регионального каталога.

Каталог землетрясений, получаемый в ЛИСВА, доступен на сайте КФ ФИЦ ЕГС РАН (<http://www.emsd.ru/ts/>) и в ЕИССД КФ ФИЦ ЕГС РАН [46] (<http://sdis.emsd.ru>).

В 2012 г. лаборатория, ранее располагавшаяся в нескольких кабинетах в пристройке к Институту вулканологии, получила просторные помещения в здании по ул. Молчанова, 12/1.

Сейсмическая станция «Петропавловск» и роль Службы срочных донесений

Сейсмическая станция «Петропавловск» (РЕТ) была открыта в 1961 г. в качестве опорной станции Единой сети сейсмологических наблюдений СССР. К 60-летию работы станции был выпущен буклет, в котором подробно и интересно рассказано об ее истории [43]. Мы остановимся только на некоторых ключевых моментах. С 1961 г. станция «Петропавловск» начала работу в режиме Службы срочных донесений (ССД), а в 1998 г. была передана в подчинение КОМСП ГС РАН из Центральной опытно-методической экспедиции российской Геофизической службы. КОМСП приняла на себя и обязанности по ССД.

Переход к цифровым технологиям в камчатской системе сейсмологических наблюдений в полной мере затронул станцию «Петропавловск». В 2001 г. произошел переход к автоматизированной обработке в программе DATAAN (ранней версии программы DIMAS [12])

данных станции IRIS сейсмической сети GSN, установленной на станции в 1993 г. С 2005 г. специалисты «Петропавловска» начали опытное использование данных камчатской сети РТСС в работе по регламенту ССД.

В 2006 г. начались масштабные работы по развитию системы предупреждения цунами (СПЦ) на Дальнем Востоке [39]. Для этих целей в регионе была развернута сеть специализированных широкополосных цифровых сейсмических станций. Средства, выделенные на реализацию программы, позволили КФ ГС РАН завершить переоснащение всей камчатской сейсмической сети современным цифровым оборудованием и создать современную систему сбора, обработки и хранения получаемых данных [9, 36–38, 40, 41].

Новая концепция организации СПЦ предполагает обработку всей доступной сейсмологической информации в Региональном информационно-обрабатывающем центре (РИОЦ). В состав РИОЦ на Дальнем Востоке России вошли сейсмические станции «Южно-Сахалинск» и «Петропавловск», ранее работавшие по регламенту СПЦ-1958. С 2008 г. станция «Петропавловск» официально начала определение параметров землетрясений по сети цифровых станций, включая станции IRIS, расположенные за пределами территории России. В этом же году станция была реорганизована в сектор «Петропавловск-цунами» КФ ГС РАН. Сотрудники сектора принимали активное участие в опытной эксплуатации новой СПЦ, которая была запущена в работу в 2010 г.

В настоящее время сектор «Петропавловск-цунами» продолжает работу на современном уровне по регламенту СПЦ и ССД. Станция ведет срочную обработку землетрясений Авачинского залива с $ML(MS20R) \geq 4.5$, камчатского региона – $MS(MS20R) \geq 4.5$ и Дальнего Востока – с $MS(MS20R) \geq 5.0$. В соответствии с внутренним регламентом от 1 января 2012 г. обработка ведется с задержкой 10 минут (по официальному регламенту ССД – 30 минут). Модифицированная шкала магнитуд $MS20R$, позволяющая продлить на малые расстояния телесеismicкую шкалу MS , используется с 2010 г. [50, 51]. По данным станции РЕТ дополнительно определяются магнитуды $MPSP$, $MSLP$ и $MPLP$. С начала 2019 г. специалисты сектора ведут не включенную в официальный регламент обработку всех землетрясений с $K_s(PET) \geq 8.0$. Обработка и определение параметров землетрясений ведется в программе DIMAS [12].

Результаты работы сектора доступны внешнему пользователю в программе Монитор сейсмической активности (<http://ts.emsd.ru>), на сайте КФ ФИЦ ЕГС РАН (<http://www.emsd.ru/ts/ssd.php>) и в ЕИССД КФ ФИЦ ЕГС РАН [46] (<http://sdis.emsd.ru>).

В 1951–1962 гг. станцией «Петропавловск» заведовал Г.П. Чермных, 1963–1987 гг. – Л.Г. Синельникова, 1988–2000 г. – С.Н. Кан, 2000–2007 гг. – В.А. Игнатьев. С 2007 г. сейсмостанцией «Петропавловск» – сектором «Петропавловск-цунами» руководит Д.А. Ототюк.

Большой вклад в работу подразделения внесли С.А. Викулина, Л.А. Тюнина, Г.Х. Москвитина, И.К. Пашкевич, А.К. Игнатов [43].

В различные годы на станции работали Р.С. Дощечкин, Ю.Г. Термус, А.Н. Семенова, В.Н. Чиркова, С.А. Зенина, И.А. Максимов, А.Ю. Подлас, В.Ю. Стефанов, Л. Игнатьева, Д. Кобренков и другие. В настоящее время в подразделении трудятся Я.А. Бахматова, А.А. Губанова, Е.М. Крупина, М.А. Мягих, В.М. Нановский, М.А. Нановская, С.С. Новиков, Т.В. Помазная, Н.И. Сафиуллина, И.Ю. Шубина.

С 2012 г. сектор «Петропавловск-цунами» располагается в новом здании по ул. Молчанова, 12/1.

Работа лаборатории сводной обработки КФ ФИЦ ЕГС РАН с 2010 г.

С 2010 г. в ЛСО не создается каталог основных параметров землетрясений Камчатки и Командорских островов, эта обязанность полностью перешла к ЛИСВА. С этого момента в задачи ЛСО входит получение дополнительных параметров землетрясений Камчатки и Командорских островов с задержкой не более месяца (механизмов очагов землетрясений и макросейсмической информации); формирование сейсмологического Бюллетеня КФ ФИЦ ЕГС РАН; проведение работ по улучшению качества каталога землетрясений Камчатки и Командорских островов 1962–2009 гг. Сотрудники ЛСО в случае необходимости оказывают помощь ЛИСВА в оперативной обработке землетрясений.

В век бурного развития информационных технологий Банк сейсмологических данных, представляющий собой разрозненную систему файлов, морально устарел. Процедура получения комплексной информации для конкретного землетрясения была технически сложной и требовала значительных затрат времени. В то же время, структура базы данных системы «Оперативный каталог» не позволяла внести в него всю информацию, накопленную в Банке сейсмологических данных. Коллективом молодых специалистов лаборатории (А.В. Токарев, А.С. Чемарев, канд. физ.-

мат. наук Е.А. Матвеев) под руководством канд. физ.-мат. наук А.Ю. Чебровой, возглавившей ЛСО в 2009 г., была создана Единая информационная система сейсмологических данных (ЕИССД) [29, 30, 47–49].

В 2019 г. ЕИССД представляет собой совокупность подсистем [46], каждая из которых обеспечивает определенное направление деятельности в рамках сейсмического мониторинга. В режиме реального времени ЕИССД пополняется информацией о землетрясениях, происходящих на Камчатке и прилегающих территориях; в базе данных (БД) ЕИССД содержатся архивные данные из Банка сейсмологических данных землетрясений Камчатки, Командорских островов и Северных Курил; организован удобный доступ к данным ЕИССД через Интернет (<http://sdis.emsd.ru>).

ЕИССД ускоряет и облегчает повседневную деятельность за счет автоматизации процессов, обеспечивающих сбор, систематизацию, управление и доступ к сейсмологическим данным. Так, подсистема ЕИССД для сбора макросейсмической информации [26] и подсистема ЕИССД для расчета механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений стали неотъемлемыми инструментами специалистов, занимающихся получением дополнительных параметров камчатских землетрясений.

Наиболее значимое достоинство ЕИССД – автоматическое формирование Бюллетеня, включающего подробные станционные данные (времена вступлений волн, замеренных на различных каналах; амплитуды максимальных колебаний сейсмических волн и их периоды), полученные группами обработки сейсмостанции «Петропавловск», ЛИСВА, ЛСО, рассчитанные на их основе основные и дополнительные параметры землетрясения (дата, время в гипоцентре, координаты, глубина и ошибки определения, энергетическая оценка, механизмы очагов), макросейсмические данные и др.

С 2010 по 2019 гг. в ЛСО была проделана большая работа по улучшению качества и однородности окончательного каталога 1962–2009 гг.: землетрясения 1962–1965 гг., обработанные вручную по методу палеток изохрон [28], полностью переведены в электронный вид и пересчитаны по программе GIP; исправлены найденные в процессе этой работы ошибки; продолжился поиск пропущенных землетрясений от 1985 к 1962 гг.; полученные результаты внесены в ЕИССД [45].

В настоящий момент в ЛСО продолжают работу А.Ю. Чеброва, Е.А. Матвеев, А.С. Чемарев, С.А. Шевченко, Е.И. Федорова, С.В. Митюшкина, А.А. Раевская, Е.И. Ромашева, Н.А. Шевченко, Л.В. Пилипенко, С.А. Пархоменко, Т.М. Кривогорницына, Т.Г. Константинова.

Список литературы

1. Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР. М.: Наука, 1974. 245 с.
2. База данных "Макросейсмический каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов". Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геофизическая служба Российской академии наук. Авторы: Митюшкина С.В., Раевская А.А., Токарев А.В., Чеброва А.Ю. Свидетельство о государственной регистрации № 2015620410 от 02.03.2015 г.
3. Балакина Л.М., Введенская А.В., Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений и механизм очагов землетрясений. М.: Наука, 1972. 92 с.
4. Викулин А.В., Степанов В.В., Токарев Е.П. Хроника образования и развития инструментальной сейсмологии на Камчатке // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: КОМСП ГС РАН, 2000. С. 282–303.
5. Гаврилов В.А., Малкин А.П., Чебров В.Н., Сорокин В.В. Радиотелеметрическая система сбора сейсмической информации на Авачинско-Корякском полигоне // Бюлл. вулканол. станций. 1978. № 54. С. 22–26.
6. Гаврилов В.А., Воробаев В.Ф., Головицкова И.А., Лянник Ю.А., Пудов А. Л., Торосян Г.О. Комплекс радиотелеметрической аппаратуры ТЕСИ–2 // Сейсмические приборы. М.: Наука, 1987. Вып. 19. С. 5–16.
7. Гордеев Е.И., Левина В.И., Чебров В.Н., Иванова Е.И., Шевченко Ю.В., Степанов В.В. Землетрясения Камчатки и Командорских о-вов // Землетрясения Северной Евразии в 1993 г. М.: ОИФЗ РАН, 1999. С. 102–114.
8. Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Дроздин Д.В., Козырева Н.П., Левина В.И., Сергеев В.А., Сеньюков С.Л., Яцук В.В. Сбор, обработка и хранение сейсмологической информации // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. К 25-летию Камчатской опытно-методической сейсмологической партии ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. Книжное издательство, 2004. С. 43–61.
9. Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Левина В.И., Бахтиярова Г.М., Сеньюков С.Л., Пантюхин Е.А. Банк сейсмологических данных Камчатки // Открытое образование, 2008. № 4. С. 16–22.
10. Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Левина В.И., Силицын В.И., Шевченко Ю.В., Яцук В.В. Система сейсмологических наблюдений // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. К 25-летию Камчатской опытно-методической сейсмологической партии ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. Книжное издательство, 2004. С. 11–42.

11. Гусев А.А. Определение гипоцентров близких землетрясений Камчатки на ЭВМ // Вулканология и сейсмология. 1979. № 1. С. 74–81.
12. Дроздин Д.В., Дроздина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. 2010. Т. 46. № 3. С. 22–34.
13. Землетрясения в СССР. Ежегодники за 1962–1991 г. М.: Наука, 1964–1997.
14. Землетрясения Северной Евразии. Ежегодники за 1992–2012 гг. Обнинск, ГС РАН, 1997–2018 гг.
15. Землетрясения России. Ежегодники за 2004–2016 гг. Обнинск: ГС РАН, 1997–2018.
16. Зобин В.М. Энергетические оценки очагов сильных Камчатско–Командорских землетрясений // Вулканология и сейсмология. 1990. № 2. С. 65–74.
17. Зобин В.М., Митюшкина С.В., Чиркова В.Н. Станционные поправки к номограммам С.А. Федотова для энергетической классификации землетрясений Камчатки и Командорских островов // Вулканология и сейсмология. 1993. № 1. С. 82–92.
18. Инструкция обслуживающему персоналу сейсмических станций Института вулканологии ДВНЦ АН СССР // Петропавловск-Камчатский, 1973. 82 с.
19. Камчатский филиал Геофизической службы РАН. 1979–2009. Обнинск: ГС РАН, 2009. 73 с.
20. Кузин И.П. Фокальная зона и строение верхней мантии в районе Восточной Камчатки. М.: Наука, 1974. 145 с.
21. Ландер А.И., Левина В.И. Методика обработки афтершоков Олюторского землетрясения 20 апреля 2006 г. с $M_w=7.6$ // Землетрясения Северной Евразии в 2006 году. Обнинск ГС РАН, 2012. С. 468–472.
22. Левина В.И., Иванова Е.И., Митюшкина С.В., Лепская Т.С. Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов: пересмотр событий 1971–1988 гг. // Геофизический мониторинг Камчатки. Материалы научно-технической конференции, 17–18 января 2006 г., Петропавловск-Камчатский / Отв.ред. В.Н. Чебров, Г.Н. Копылова. Петропавловск-Камчатский: «Отгиск», 2006. С. 21–26.
23. Лемзиков В.К., Гусев А.А. Энергетическая классификация близких камчатских землетрясений по уровню кода–волн // Вулканология и сейсмология. 1989. № 4. С. 83–97.
24. Матвеев Е.А., Чеброва А.Ю., Иванов В.Ю., Иванова Е.И., Митюшкина С.В., Раевская А.А., Ромашева Е.И., Токарев А.В., Чемарев А.С. Развитие интерфейса доступа к сейсмологической информации ЕИССД // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Шестой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 1–7 октября 2017 г. / Отв.ред. Д.В. Чебров. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. С. 361–365.
25. Мельников Ю.Ю. Пакет программ для определения координат гипоцентров землетрясений Камчатки и на ЭВМ // Вулканология и сейсмология. 1990. № 5. С. 103–112.
26. Митюшкина С.В., Раевская А.А., Токарев А.В., Чеброва А.Ю., Чемарев А.С. Программа для автоматической обработки макросейсмической информации: возможности и результаты использования // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Четвертой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский, 29 сентября – 5 октября 2013 г. / Отв. ред. В.Н. Чебров. Обнинск: ГС РАН, 2013. С. 347–351.
27. Митюшкина С.В., Раевская А.А. Макросейсмический каталог землетрясений камчатки и командорских островов за период наблюдений 1962–2015 гг. // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Пятой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский, 27 сентября – 3 октября 2015 г. Обнинск: ГС РАН, 2015. С. 76–80.
28. Ризниченко Ю.В. Методы массового определения координат очагов близких землетрясений и скоростей упругих волн в области расположения очагов // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1958. № 4. С. 425–437.
29. Токарев А.В., Бахтиярова Г.М., Чеброва А.Ю., Митюшкина С.В. Современный взгляд на устаревшую систему хранения сейсмологических данных КФ ГС РАН // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Третьей научно-технической конференции. Петропавловск–Камчатский. 9–15 октября 2011 г. / Отв. ред. Чебров В.Н. Обнинск: ГС РАН, 2011. С. 401–405.
30. Токарев А.В., Чемарев А.С. Подсистема ЕИС для поиска и исправления ошибок в результатах обработки землетрясений // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Четвертой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский, 29 сентября – 5 октября 2013 г. / Отв. ред. В.Н. Чебров. Обнинск: ГС РАН, 2013. С. 356–358.
31. Федотов С.А. Энергетическая классификация курило–камчатских землетрясений и проблема магнитуд. М.: Наука, 1972. 117 с.
32. Федотов С.А. К 25-летию детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке и Командорских островах, XL.1961–X.1986: история, развитие и задачи // Вулканология и сейсмология. 1987. № 6. С. 3–10.
33. Федотов С.А., Аверьянова В.И., Багдасарова А.М., Кузин И.П., Тараканов Р.З. Некоторые результаты детального изучения сейсмичности Южных Курильских островов // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1961. № 5.
34. Федотов С.А., Кузин И.П., Бобков М.Ф. Детальные сейсмологические исследования на Камчатке в 1961–1962 гг. // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1964. № 9. С. 1360–1375.
35. Федотов С.А., Феофилактов В.Д., Гордеев Е.И., Гаврилов В.А., Чебров В.Н. Развитие сейсмометрических наблюдений на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1987. № 6. С. 11–28.

36. Чебров В.Н. Создание сети широкополосных сейсмических станций на Дальнем Востоке России. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных // Материалы Четвертой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2009. С. 216–220.
37. Чебров В.Н. Региональная система сейсмического мониторинга // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Четвертой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 29 сентября – 5 октября 2013 г. / Отв. ред. В.Н. Чебров. Обнинск: ГС РАН, 2013. С. 8–15.
38. Чебров В.Н., Воропаев В.Ф., Дроздин Д.В., Сергеев В.А., Шевченко Ю.В. Развитие сети цифровых сейсмических станций Камчатки // Геофизический мониторинг Камчатки. Материалы научно-технической конференции, 17–18 января 2006 г., Петропавловск-Камчатский / Отв.ред. В.Н. Чебров., Г.Н. Копылова Петропавловск-Камчатский: «Оттиск», 2006. С. 13–20.
39. Чебров В.Н., Гусев А.А., В.К. Гусяков В.К., Мишаткин В.Н., Поплавский А.А. Концепция развития системы сейсмологических наблюдений для целей предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России. // Сейсмические приборы. 2009. Т.45. № 4. С. 41–57.
40. Чебров В.Н., Дроздин Д.В., Кугаенко Ю.А., Левина В.И., Сеньюков С.Л., Сергеев В.А., Синицын В.И., Шевченко Ю.В., Яцук В.В. Детальные сейсмологические наблюдения на Камчатке. Современное состояние (2011 г.). // Сейсмологические и геофизические исследования на Камчатке. К 50-летию детальных сейсмологических наблюдений / Под ред. Е.И. Гордеева, В.Н. Чеброва. Петропавловск-Камчатский: Холд. комп. «Новая книга», 2012. С. 36–69.
41. Чебров В.Н., Бахтиярова Г.М., Дроздин Д.В., Дубровский Н.И., Кугаенко Ю.А., Левина В.И., Пантюхин Е.А., Сеньюков С.Л., Сергеев В.А. Информационные ресурсы Камчатского филиала Геофизической службы РАН в Internet // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Второй научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2010. С. 302–305.
42. Чебров В.Н., Левина В.И., Ландер А.В., Чеброва А.Ю., Сеньюков С.Л., Дроздин Д.В., Дроздина С.В. Региональный каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов 1962–2010 г.: технология и методика создания // Землетрясения северной Евразии, 2010 год. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016. С. 396–406.
43. Чебров В.Н., Чебров Д.В., Викулин А.В., Отожук Д.А. Сейсмическая станция «Петропавловск». К 60-летию непрерывных наблюдений. Обнинск: ГС РАН, 2011. 50 с.
44. Чеброва А.Ю., Матвеев Е.А. Состояние окончательного каталога землетрясений Камчатки и Командорских островов в 2013 г. // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Четвертой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 29 сентября – 5 октября 2013 г. Отв.ред. В.Н. Чебров. Обнинск: ГС РАН, 2013. С. 122–126.
45. Чеброва А.Ю., Митюшкина С.В., Шевченко Н.А. Результаты работы по повышению качества и однородности каталога землетрясений Камчатки и Командорских островов // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Седьмой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 29 сентября – 5 октября 2019 г.
46. Чеброва А.Ю., Чемарев А.С., Матвеев Е.А. Единая информационная система сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Седьмой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 29 сентября – 5 октября 2019 г.
47. Чемарев А.С., Иванов В.Ю., Матвеев Е.А., Токарев А.В., Чеброва А.Ю. WEB-интерфейс доступа к данным ЕИССД КФ ГС РАН // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Пятой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 27 сентября – 3 октября 2015 г. / Отв. ред. В.Н. Чебров. Обнинск: ГС РАН, 2015. С. 274–277.
48. Чемарев А.С., Токарев А.В. Подсистема ЕИС для формирования и хранения волновых форм землетрясений // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Четвертой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский, 29 сентября – 5 октября 2013 г. / Отв. ред. В.Н. Чебров. Обнинск: ГС РАН, 2013. С. 359–361.
49. Чемарев А.С., Чеброва А.Ю. Интерактивная карта землетрясений как интерфейс доступа к сейсмологическим данным // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Седьмой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 29 сентября – 5 октября 2019 г.
50. Чубарова О.С., Гусев А.А. Уточненные калибровочные функции дальневосточной магнитудной шкалы $MS(20R)$ и изучение возможности учета глубины гипоцентра при оценке магнитуды // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Четвертой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 29 сентября – 5 октября 2013 г. / Отв. ред. В.Н. Чебров. Обнинск: ГС РАН, 2013. С. 127–130.
51. Чубарова О.С., Гусев А.А., Викулина С.А. Двадцатисекундная региональная магнитуда $MS(20R)$ для Дальнего Востока России // Сейсмические приборы. 2010. Т.46. № 3. С. 58–63.
52. Чубарова О.С., Гусев А.А., Чебров В.Н. Свойства колебаний грунта при Олюторском землетрясении 20.04.2006 г. и его афтершоках по данным цифровой регистрации // Вулканология и сейсмология. 2010. № 2. С. 57–70.