

УДК 550.34.03

Единая Информационная система сейсмологических данных в Сахалинском филиале ФИЦ ЕГС РАН

© 2025 г. Д.В. Костылев^{1,2}, Н.В. Костылева^{1,2}, М.А. Щукин¹

¹СФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия; ²ИМГиГ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

Поступила в редакцию 24.09.2025 г.

Аннотация. В Сахалинском филиале ФИЦ ЕГС РАН разработана и эксплуатируется новая Информационная система сейсмологических данных. Целью создания системы является объединение в единое информационное пространство всех данных, получаемых в результате сейсмического мониторинга на территориях Сахалинской области, Приморского края, Хабаровского края, Амурской области, а также северо-западной части Тихого океана, акваторий Охотского и Японского морей. Новая расширенная версия получила название «База данных “Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона”». Описаны принципы организации базы данных, её функциональные возможности и ключевые функции. На сегодняшний день база данных включает в себя ряд функций: автоматическую отправку почты, расширенные запросы с картами, автоматизированные отчёты на основе запросов и инструменты мониторинга в режиме, близком к реальному времени, для экстренных служб. Основным результатом является составление оперативного каталога землетрясений и обеспечение оперативными данными заинтересованных организаций.

Ключевые слова: сейсмологические данные, Информационная система, база данных, программное обеспечение.

Для цитирования: Костылев Д.В., Костылева Н.В., Щукин М.А. Единая Информационная система сейсмологических данных в Сахалинском филиале ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. — 2025. — Т. 7, № 4. — С. 46–59. — DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2025.4.06>. — EDN: USOWNV

Введение

Направлением деятельности Сахалинского филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (СФ ФИЦ ЕГС РАН) является проведение комплексных геофизических наблюдений на территориях Сахалинской области, Приморского края, Хабаровского края, Амурской области, а также северо-западной части Тихого океана, акваторий Охотского и Японского морей, однако первоочередной задачей является сейсмологический мониторинг. Кроме этого, СФ ФИЦ ЕГС РАН выполняет работы по функционированию сейсмической подсистемы Службы предупреждения о цунами на Дальнем Востоке. С переходом на цифровые методы регистрации сейсмических событий особо актуальными стали объединение данных, получаемых на сейсмических станциях, в единую систему сбора и мониторинга и опти-

мизация хранения данных, в т.ч. результатов обработки первичных наблюдений.

В 2008 г. введена в эксплуатацию первая очередь сейсмической подсистемы Службы предупреждения о цунами (СП СПЦ). В рамках подсистемы были созданы три региональных информационно-обрабатывающих центра (РИОЦ) ФИЦ ЕГС РАН («Петропавловск-Камчатский», «Южно-Сахалинск», «Владивосток»), а также сеть сейсмических наблюдений, состоящая из опорных и вспомогательных станций, пунктов регистрации сильных движений, оснащённых оборудованием, установленным в рамках реализации программы по созданию СП СПЦ [Мишаткин и др., 2011]. Система сбора данных разработки Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН (КФ ФИЦ ЕГС РАН) [Чебров и др., 2010] была принята как основная система в СФ ФИЦ ЕГС РАН, и дальнейшее развитие сети сейсмических наблюдений

в СФ ФИЦ ЕГС РАН происходило в рамках интеграции данных на базе указанной системы.

Эта система включает в себя:

- коммуникационную подсистему, в т.ч. каналы связи-передачи данных, протоколы передачи данных, программное обеспечение (ПО);
- подсистему обработки сейсмических сигналов;
- программные средства контроля системы сбора;
- средства предоставления и отображения данных и результатов их обработки.

Интеграция всех систем сбора, использовавшихся в СФ ФИЦ ЕГС РАН автономно, позволило на базе данной системы оперативно решать вопросы по подключению новых станций и серверов сейсмологических служб в различных форматах передачи данных. Это обеспечивает доступ к данным независимо от оборудования и исходных форматов источников этих данных.

Кроме того, использование вышеуказанной системы сбора данных (ССД) на вспомогательных серверах первичного сбора и обработки данных, установленных на стационарных пунктах наблюдений, даёт возможность:

- привести данные, получаемые от регистраторов станции, к единому стандарту;
- обеспечить доступ к данным в выбранном интервале времени по запросу в отложенном режиме;
- решить проблему полноценной обработки данных в подразделениях СФ ФИЦ ЕГС РАН (на удалённых сейсмических станциях сети, где проводится первичная обработка данных) [Костылев, 2021].

В результате выполненных работ за период 2015–2024 гг., система сейсмического мониторинга СФ ФИЦ ЕГС РАН была сформирована на базе единой системы сбора и обработки сейсмологической информации. Сформированная ССД позволила значительно расширить количество наблюдательных пунктов и станций, а также существенно повысить регистрационные возможности сети наблюдений.

Таким образом, обеспечивается сбор и накопление, но требуется также систематизация и анализ данных инструментальных наблюдений зоны мониторинга. Данную задачу решает Информационная система (ИС), основной задачей которой является сбор и систематизация накопленного материала (цифровые записи волновых форм, результаты обработки сейсмологических данных и результаты макросейсмических наблюдений).

Целью настоящей работы является описание всей имеющейся информации о создании новой ИС сейсмологических данных, её функциональных возможностях, программном обеспечении и результатах использования с момента создания по настоящее время.

Структура Информационной системы

Чтобы понять, как функционирует ИС «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона», необходимо знать, из каких компонентов она состоит в соответствии с критериями определения Информационной системы [Davis, Yen, 1998].

1. Аппаратное обеспечение

1.1. Сейсмические датчики — оборудование, отвечающее за прямые сейсмические измерения.

1.2. Локальные серверы сбора данных — отвечают за сбор, преобразование и передачу данных из локальных групп на основные серверы.

1.3. Основные серверы сбора данных — серверы, отвечающие за непрерывный сбор, хранение и обработку запросов по форме сигнала.

1.4. Серверы архивов волновых форм — содержат собранные данные формы сигнала в формате «.seed» для долгосрочного резервного копирования.

2. Программное обеспечение

2.1. Программное обеспечение для обслуживания необработанных данных — организует и хранит показания сейсмических датчиков на серверах сбора данных для краткосрочного использования (3–6 месяцев) или обеспечивает создание долговременных архивов, как, например, программа SDBExtractor — графическая оболочка для извлечения сейсмограмм с различных серверов сбора и хранения данных с целью последующей пересылки их в банк данных.

2.2. Обработчики «.ssd» — класс ПО, обрабатывающего SSD-файлы, содержащие результаты обработки событий и представленные в формате Службы срочных донесений (SSD) ФИЦ ЕГС РАН [Коломиец и др., 2019].

SDBWarden — пример обработчика «.ssd», предоставляющего возможность синтаксического анализатора (парсинга) SSD-файлов, добавления проанализированных данных в базу данных и формирования задач для других приложений. Например, SDBMailer используется для отправки электронных писем с уведомлениями сотрудникам.

2.3. Программное обеспечение для представления данных — отвечает за представление данных потребителям в различных форматах,

таких как электронные таблицы, интерактивные или статические карты, почтовые бюллетени.

SDBReader — основной пример такого ПО. Оно позволяет выполнять запросы к БД, создавать карты и отчёты.

RTSM — ещё один пример ПО для представления данных, в основном используется для мониторинга в режиме реального времени, отображения карты сейсмической активности и подачи сигналов тревоги в случае возникновения событий.

SDBMailer (MailSender) — это ПО, отвечающее за отправку электронных бюллетеней с краткой информацией о сейсмических событиях по списку получателей.

2.4. Инструменты форматирования — набор программных решений для обработки различных форматов данных, используемых в Информационной системе или вне её.

3. Данные

3.1. Волновые формы.

3.2. Обработанные данные — также известные как «решение», параметры землетрясения (такие как местоположение, магнитуда и т.д.), полученные в результате анализа волновой формы, в основном представлены в виде SSD-файлов.

3.3. Цифровые каталоги — созданные до разработки БД, как правило, в них отсутствует часть информации, которая содержится в данных «решения».

4. Процедуры

4.1. Обработка первичных данных датчиков — с помощью программного обеспечения DIMAS первичные данные датчиков преобразуются в SSD-файлы, содержащие решения.

4.2. Ввод данных в БД — с помощью таких инструментов, как SDBWarden, SSD-файлы добавляются в базу данных в качестве обработанных данных.

4.3. Сопровождение базы данных — процесс оценки нескольких решений для одного и того же сейсмического события и определения наиболее точного решения с последующей его пометкой в БД как лучшего.

5. Персонал

5.1. Специалисты по обработке сейсмических данных — специалисты, отвечающие за анализ волновых форм и сбор данных с использованием ПО DIMAS.

5.2. Системные администраторы — сотрудники, отвечающие за обслуживание, настройку и надёжную работу оборудования и стороннего ПО.

5.3. Разработчики программного обеспечения — сотрудники, отвечающие за процесс раз-

работки, включая исследования, проектирование, программирование и тестирование различных внутренних программных решений.

5.4. Куратор БД — лицо, отвечающее за оценку качества обработанных данных и выбор оптимального решения для конкретного события.

Создание базы данных

С начала перехода в 2010 г. к цифровой регистрации работа по систематизации сейсмологического материала в Сахалинском филиале ФИЦ ЕГС РАН проводилась в ограниченном объёме — сохранялись лишь цифровые записи волновых форм отдельных сейсмических событий, результаты обработки сейсмических событий были отражены только в виде ежегодных каталогов. Но формат хранения накопленного материала не давал возможности полноценной работы с этим материалом. В частности, не представлялось возможным составить запрос данных, проблемы возникали с детализацией землетрясений, составлением аналитических справок и обзоров. Таким образом, встал вопрос о создании в Сахалинском филиале полноценного и удобного для пользователей банка сейсмологических данных. В результате реализации Федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года» [О федеральной ..., 2011] к 2013 г. был собран значительный объём данных. Примерами таких данных являются каталоги землетрясений, а также цифровые волновые формы. Однако возможность удобного запроса и доступа к данным отсутствовала. Поэтому было принято решение о создании новой Информационной системы. Новая расширенная версия получила название «База данных “Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона”» (БД). В дальнейшем система была доработана, и в конечном итоге включает в себя ряд функций:

- автоматическую отправку почты;
- расширенные запросы с картами;
- автоматизированные отчёты на основе запросов;
- инструменты мониторинга в режиме, близком к реальному времени, для экстренных служб.

На рис. 1 представлен наглядный текущий вариант структуры БД.

В качестве ключевых элементов банка были подготовлены три сервера:

- сервер архива непрерывных цифровых записей волновых форм, полученных из кольцевых

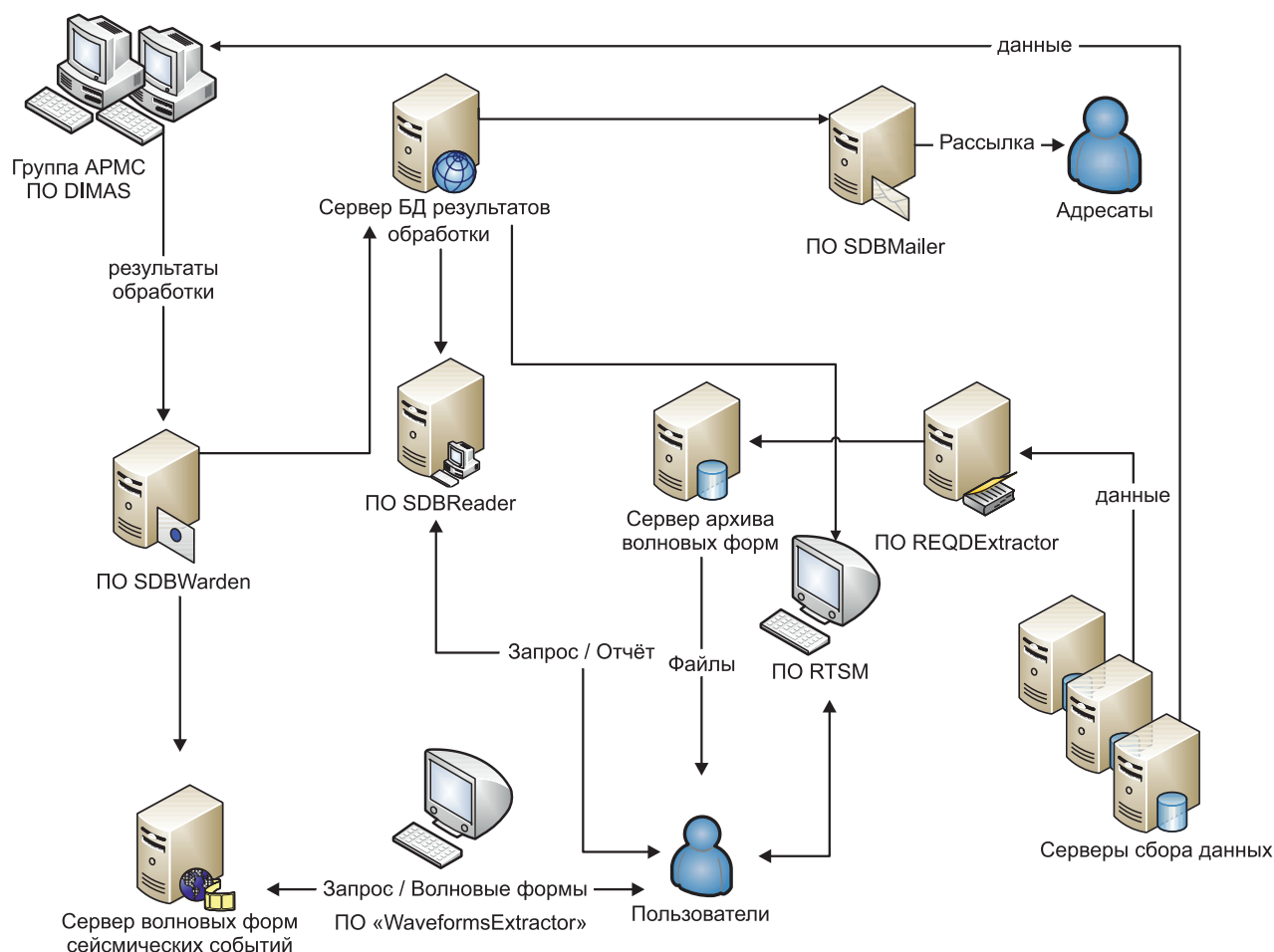


Рис. 1. Схема структуры базы данных «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона».

Названия программ (ПО) приведены согласно пункту 2 раздела «Структура Информационной системы»

буферов серверов системы сбора сейсмологических данных СФ ФИЦ ЕГС РАН [Костылев, 2021], с целью их архивирования, долгосрочного хранения и дальнейшего использования;

- сервер базы данных результатов обработки («Сервер БД результатов обработки») землетрясений в программном модуле DIMAS;

- сервер архива волновых форм, привязанных к событиям.

Функциональные возможности базы данных

Для создания прикладных программ сопровождения БД был выбран язык программирования С# [Hejlsberg et al., 2000], благодаря встроенной поддержке набора библиотек NET Framework [NET Framework 6.0, 2022], поставляемых с Windows. Для управления БД, изменения и добавления в неё данных была выбрана одна из самых популярных систем управления базами данных (СУБД) – MySQL [Widenius et al., 2002]. Созданная база данных «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона» обеспечивает

хранение результатов обработки землетрясений РИОЦ «Южно-Сахалинск». Структурная информация по БД с выделением в подзаголовках наименования таблиц, формирующих модель БД, представлена в табл. 1.

В 2016 г. была создана отдельная библиотека собственной разработки SDBEarthquake для работы с файлами в формате «*.ssd», которая поддерживает работу с БД и конвертирует обрабатываемые файлы в унифицированный формат «*.json» [Crockford, 2006] для последующего обмена данными между программами, использующими данную библиотеку. Эта библиотека позволяет преобразовывать запросы в С#, которые подготовлены на простом и удобном языке запросов LinQ [Nash, 2010], в SQL-запросы и SQL-запросы – в данные. Она также содержит ряд вспомогательных функций, таких как SSD-парсеры, данные о местоположении, расширения запросов и т.д. В 2017 г. на основе данной библиотеки были созданы новые ПО: SDBReaderNext, SDBWarden и NewMailer(SDBMailer).

Таблица 1. Структура таблиц БД
«Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона»

Название поля	Описание поля
Earthquake — землетрясение	
idEarthquake	Идентификатор землетрясения
LatitudeFirst	Первое значение зарегистрированной широты
LongitudeFirst	Первое значение зарегистрированной долготы
OriginTimeFirst	Первое значение зарегистрированного времени в очаге
BestCalculation	Идентификатор актуальной обработки
MagnitudeInfo — сведения о магнитудах	
idMagnitudeInfo	Идентификатор информации о магнитудах
MagnitudeEnum	Тип магнитуды (класса) в виде числа: неизвестно=0, $MS=1$, $K_s=2$, $K_p=3$, $MPSP=4$, $MPLP=5$, $MSLP=6$
MagnitudeValue	Значение магнитуды
RelativeEarthquakeCalculation	Номер обработки землетрясения, к которому относится данная информация, внешний ключ к EarthquakeCalculation
Channels — сведения о каналах записи	
idChannel	Идентификатор информации о каналах
Station	Название станции регистрации
net	Название сети
Channel	Канал записи сейсмической станции
Device	Устройство записи
Comment	Комментарий к землетрясению
OtherData	Другие данные
RelativeCalculation	Номер обработки землетрясения, к которому относится данная информация, внешний ключ к EarthquakeCalculation
EarthquakeCalculation — результат обработки землетрясения	
idEarthquakeCalculation	Идентификатор счёта, автоинкремент
OriginTime	Время возникновения в очаге
OriginError	Погрешность времени возникновения в очаге
DeltaError	Погрешность координат землетрясения
Latitude	Широта эпицентра
Longitude	Долгота эпицентра
Depth	Глубина очага
DepthError	Погрешность глубины очага
TravelTimes	Использованный годограф
LocationLimits	Локализация параметров
OperatorName	Имя оператора
Submit	Дата добавления в базу
RelativeEarthquake	Событие, к которому относится данная информация, внешний ключ к Earthquake
MagnitudeBest	Последняя пересчитанная магнитуда
EQSense — макросейсмические данные	
idEQSense	Идентификатор макросейсмической информации, автоинкремент
observedGradeLower	Нижний предел наблюдаемой интенсивности
observedGradeUpper	Верхний предел наблюдаемой интенсивности
cities_idCities	Населённый пункт, в котором зарегистрировано событие
relativeEarthquake	Связанный с событием идентификатор обработки землетрясения
comment	Описание события
source	Источник информации

Таким образом, за 2017 г. банк сейсмологических данных активно развивался и претерпел значительные изменения. В частности, разработка библиотеки SDBEarthquake открыла новые возможности для автоматизации процессов и расширения функционала.

Программное обеспечение Информационной системы, его создание, совершенствование и развитие

Для систематизации и хранения волновых форм было разработано ПО REQDExtractor, являющееся визуальным интерфейсом и планировщиком набора команд для извлечения данных с кольцевых буферов. Программа обращается к разным серверам сбора и хранения данных с запросами данных для последующей пересылки их в банк данных. Частота опроса серверов сбора составляет одни сутки. 15-минутные данные собираются по отдельным файлам в формате SEED с дальнейшей их сортировкой по папкам на архивном сервере по заданным заранее критериям.

Основным ПО библиотеки SDBEarthquake является SDBWarden, отвечающий за парсинг SSD-файлов, оценку результатов решения и создание задач для другого программного обеспечения. SDBWarden является дополнительным ПО, сопровождающим БД и способным генерировать задачи для программного обеспечения, функционирующего на основе библиотеки SDBEarthquake. Примером таких задач являются рассылки для SDBMailer.

Взаимодействие SDBWarden с другими программами можно увидеть на рис. 2.

SDBReader — браузер БД и инструмент для создания запросов. Включает следующие функции:

- интерактивные карты с различными поставщиками карт;
- инструменты для создания глубоких запросов, включая зональные запросы с визуальным редактором зон;
- поддержку создания отчётов;
- инструменты для обслуживания БД, включая удаление решений и назначение наилучшего решения.

По сути, SDBReader — это пользовательский интерфейс БД «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона». SDBReader устроен таким образом, что позволяет производить выборку сейсмических событий по:

- запрашиваемому временному интервалу;
- интервалу магнитуд;
- интервалу энергетических классов;
- интервалу глубин очагов.

Кроме того, можно выбрать район эпицентров землетрясений в виде круга заданного радиуса или прямоугольной области с указанием координат угловых точек. В ответ на запрос производится выборка землетрясений, по которой может быть сформирован каталог или подготовлена карта эпицентров на базе выбранной топоосновы (OpenStreetMap, Google Maps, Яндекс Карты). В будущем планируется создать сервис, обеспечивающий размещение на сайте СФ ФИЦ ЕГС РАН интерактивных карт сейсмического мониторинга Дальневосточного региона с макросейсмической оценкой для сильных землетрясений о. Сахалин и Курильских островов.

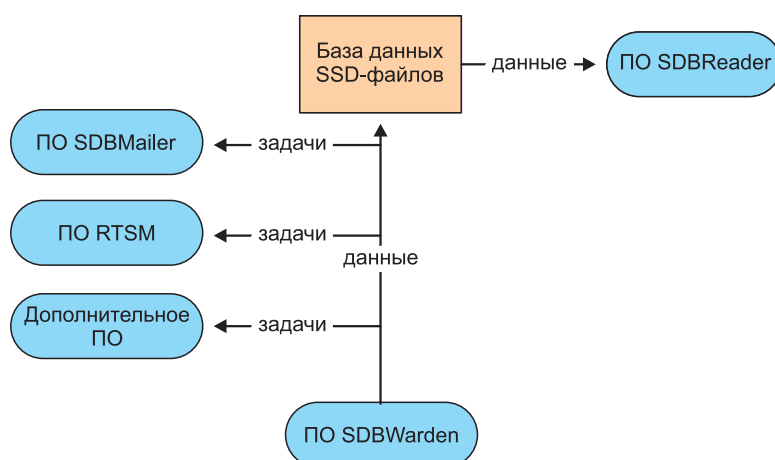


Рис. 2. Взаимодействие программного обеспечения SDBEarthquake.

Названия программ (ПО) приведены согласно пункту 2 раздела «Структура Информационной системы»

Таким образом, предложенная Информационная система позволяет вывести работу с данными СФ ФИЦ ЕГС РАН на новый, более высокий уровень развития.

Используемый в настоящее время SDBReader Next является обновлённой версией SDBReader, выполненной на платформе Unity3D [Haas, 2014]. Среди новых возможностей программы:

- интеграция с плагином OnlineMaps (88 карт от 16 поставщиков данных);
- визуальное редактирование зоны выборки;
- расширенные параметры для запросов к БД;
- обновлённый интерфейс (рабочее окно программы показано на рис. 3).

В 2024 г. в функционал отчётов SDBReader Next было добавлено автоматическое формирование отчётов для каталогов, публикуемых в ежегоднике «Землетрясения России», например, [Кругова и др., 2025], а также каталогов и бюллетеней для Международного агентства International Seismological Centre (ISC) [International ..., 2025].

Наполнением базы данных сейсмологическим материалом с занесением информации на FTP-сервер занимается программа SDBMailer (NewMailer). Она же составляет информационные сообщения о землетрясениях с последующей автоматической рассылкой по электронным адресам. В 2014 г. добавлены новые функции для более точного определения критериев рас-

сылки. Добавлено несколько формул для расчёта интенсивности сотрясений (в т.ч. формула, выведенная на основе статистического анализа землетрясений юга Сахалина при помощи генетического алгоритма). ПО NewMailer было создано для замены SDBMailer. Выполненное с использованием библиотеки SDBEarthquake, оно отличается повышенной стабильностью и способно осуществлять формирование и рассылку сообщений о параметрах землетрясений пользователям даже в случае сбоя в работе ПО (рис. 4).

RTSM (Real-Time Seismic Monitor) – программа для сейсмического мониторинга в режиме реального времени. Основные функции этого ПО включают:

- интерактивное отображение сейсмических событий (с использованием карт нескольких поставщиков) с аудиовизуальной обратной связью и сигналами тревоги;
- поддержку создания отчётов;
- поддержку зон мониторинга и пользовательских условий.

В 2020 г. СФ ФИЦ ЕГС РАН в рамках договора с Главным управлением Министерства чрезвычайных ситуаций (ГУ МЧС) России по Сахалинской области по обеспечению оперативной информацией о возможной угрозе в отделениях мониторинга Аварийно-спасательных центров мониторинга и прогноза чрезвычайных ситуаций

ID	Origin Time	OriginErr.	dErr.	Lat.	Long.	Depth	DepthErr.	TravelTimes	Loc. Limits	MagBest	N calc	MagnitudesAll	Score
107654	2025.09.25 01:16:01	0.00	0.00	49.01	142.06	0	0	tarakanov.gdg	0;150;0;17.6267	1.4	1	Kr = 6,5	2.0201E+010
107626	2025.09.24 06:14:13	0.00	0.00	46.92	142.95	0	0	sah_kor.gdg	0;35;0;11.6912	0.6	1	ML = 0,6 Kr = 5,3	2.0201E+010
107594	2025.09.23 15:23:27	0.37	8.65	51.52	143.17	8	4	sah_kor.gdg	0;35;0;11.6912	1.9	1	Kr = 7,7 ML = 1,9	2.0801E+010
107593	2025.09.23 15:12:02	0.43	8.81	51.52	143.17	8	5	sah_kor.gdg	0;35;0;11.6912	3.1	1	Kr = 9,2 ML = 3,1	2.0801E+010
107591	2025.09.23 15:00:49	0.43	9.21	51.53	143.18	9	5	sah_kor.gdg	0;35;0;11.6912	3.2	1	Kr = 9,4 ML = 3,2	2.1001E+010
107592	2025.09.23 14:59:57	0.36	8.22	51.52	143.19	8	4	sah_kor.gdg	0;35;0;11.6912	2.3	1	Kr = 7,9 ML = 2,3	2.0801E+010
107589	2025.09.23 14:17:15	0.45	9.78	51.52	143.15	9	5	sah_kor.gdg	0;35;0;11.6912	2.8	1	Kr = 8,9 ML = 2,8	2.0801E+010
107571	2025.09.23 04:33:05	0.73	4.18	51.53	143.16	20	8	sah_kor.gdg	0;35;0;11.6912	2.1	1	Kr = 8,1 ML = 2,1	2.0601E+010

Рис. 3. Интерфейс рабочего окна программы SDBReaderNext

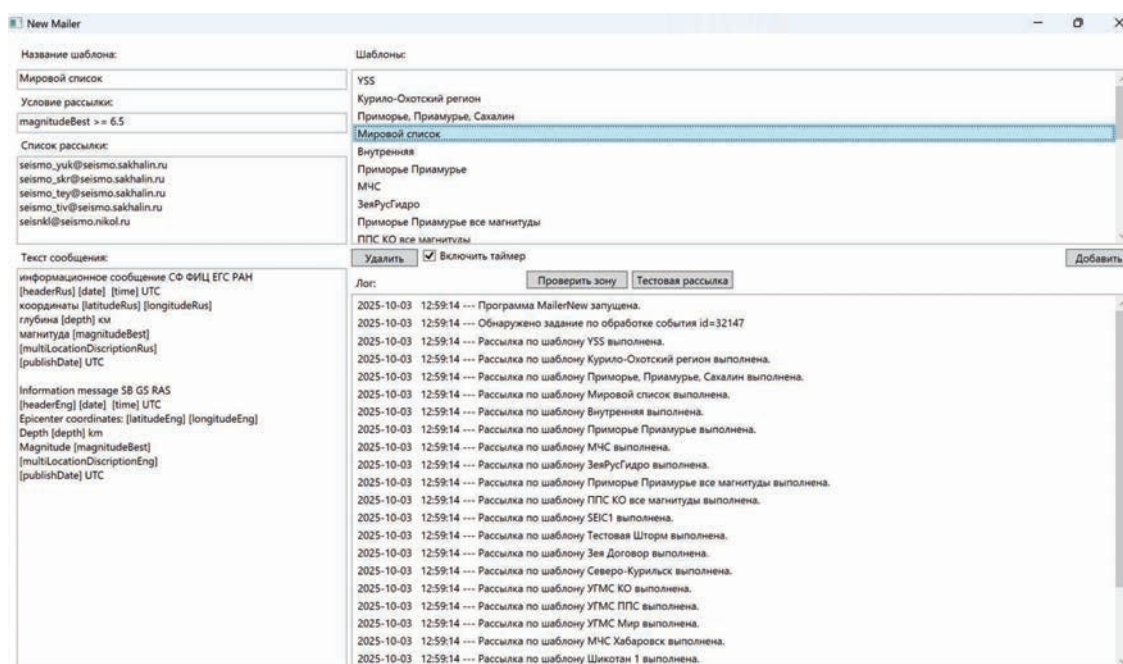


Рис. 4. Интерфейс ПО SDBMailer, режим настройки параметров рассылки

(АСЦМП) МЧС РФ была произведена подготовка и установка оборудования для визуализации сейсмических событий и работы сейсмического оборудования для центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) «Курильск» и «Южно-Курильск» [Маловичко и др., 2021]. На автоматизированном рабочем месте (АРМ) было установлено ПО RTSM, которое служит для отображения карт с эпицентрами землетрясений, зарегистрированных в течение последних семи суток с детализацией их параметров. В процессе подготовки АРМ ПО RTSM была разработана специальная программа IntensityPuller с автоматизированным сервисом оценки инструментальной интенсивности сотрясений по записи сильных движений в режиме, близком к реальному времени, в месте установки датчиков. Для этого при оперативной обработке записей землетрясения формируется отчет о параметрах события на каждом автономном пункте инструментальных наблюдений (АПИИ), производится расчёт интенсивности с использованием формулы связи параметров сильных движений с балльностью [Антикаев и др., 2011] по шкале MSK-64 [Медведев и др., 1965], и результат представляется в графическом виде (рис. 5).

В 2021 г. БД «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона» была дополнена волновыми формами зарегистрированных событий, доступ к которым можно получить как непосредственно из ПО SDBReader,

так и напрямую. Извлечение производится автоматически при помощи специально созданного ПО WaveformsExtractor, интерфейс которого представлен на рис. 6. Для хранения таких волновых форм используется сетевое хранилище SynologyDS418 объёмом 7 Тб.

Таким образом, долгосрочный архив волновых форм, доступный для работы с волновыми формами зарегистрированных событий, был расширен на 18 Тб. В настоящее время данный архив дополнен материалами станций, не работающих в режиме передачи, близком к реальному времени, и не включённых в единую систему сбора сейсмологических данных СФ ФИЦ ЕГС РАН (например, станции в труднодоступных районах Амурской области и станции полевой локальной сети на юге острова Сахалин).

Результаты использования Информационной системы

Основным результатом является составление оперативного каталога (далее — каталога) землетрясений и своевременное обеспечение данными заинтересованных организаций.

До 2020 г. включительно в отделе сводной обработки сейсмологических данных (ОСОСД) на основе данных, содержащихся в ежедневных оперативных сводках, составлялся каталог землетрясений с эпицентрами в зоне ответственности СФ ФИЦ ЕГС РАН (Курило-Охотский регион, о. Сахалин, Приамурье и Приморье).

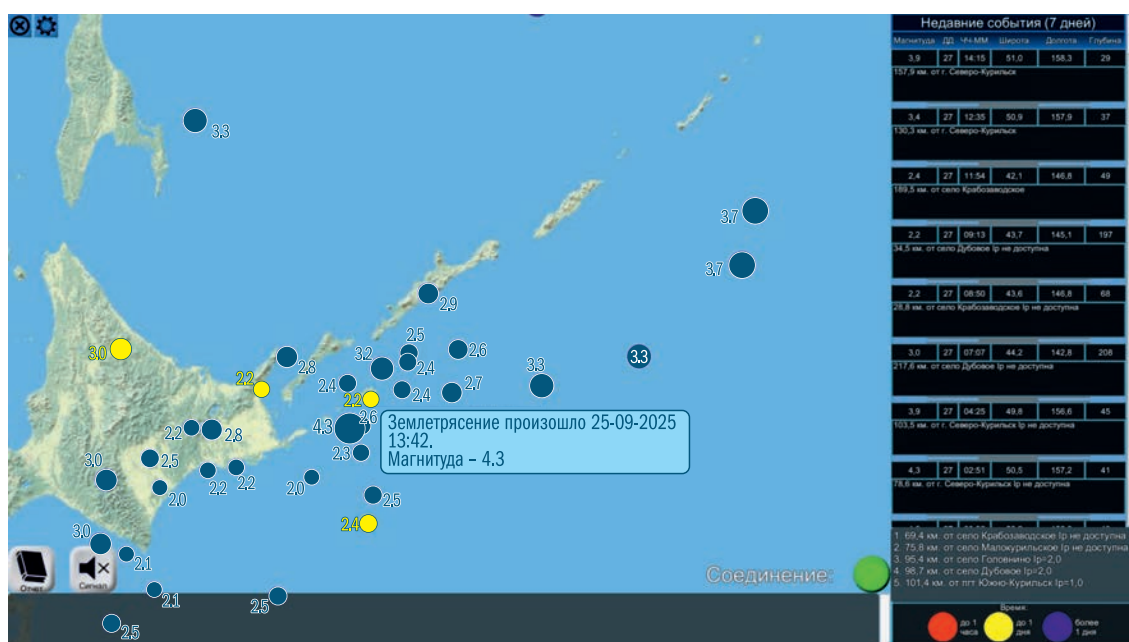


Рис. 5. Пользовательский интерфейс программы RTSM, установленной в отделениях мониторинга АСЦМП РФ. Слева — карта с эпицентрами зарегистрированных за последние семь суток землетрясений с указанием их магнитуд. Справа — таблица землетрясений с детализацией их параметров, включающих в себя инструментальную интенсивность (I) сотрясений и расстояние до ближайших населённых пунктов

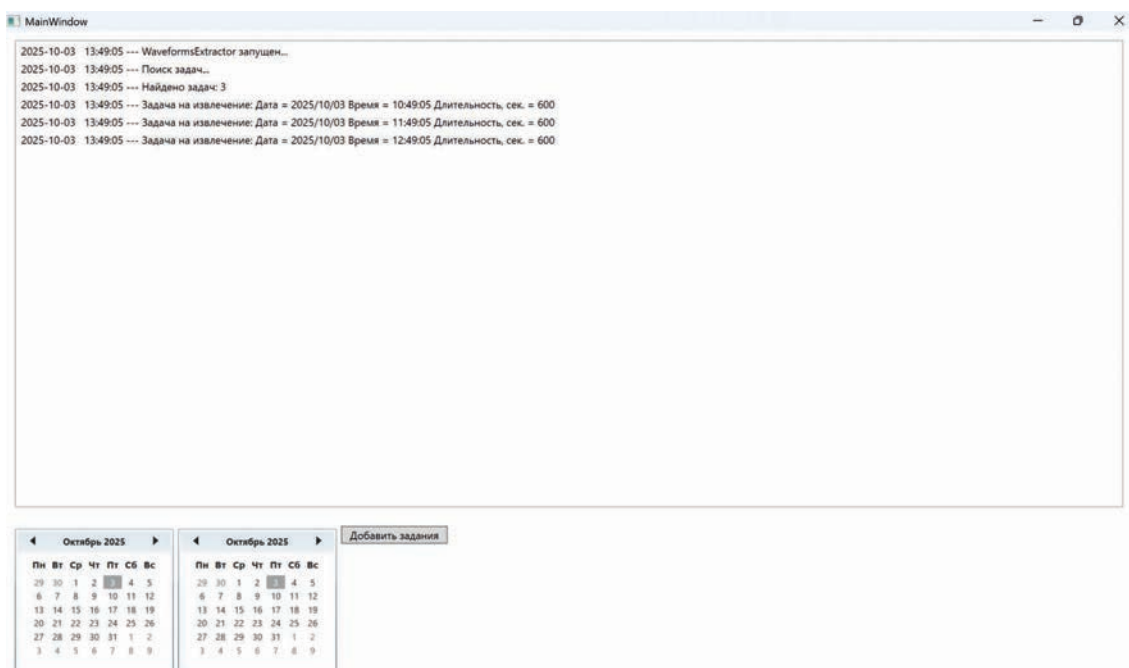


Рис. 6. Пользовательский интерфейс программы WaveformsExtractor

Поскольку в РИОЦ «Южно-Сахалинск» осуществляется непрерывная круглосуточная сводная обработка данных, и результаты выкладываются в БД «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона», было решено формировать оперативный каталог как выборку из этой БД.

Еженедельно по оперативным данным (далее — данным) в ОСОСД готовилось экспертное заключение об уровне сейсмичности и сейсмической опасности в Сахалинской области. Также в первых числах каждого месяца по данным каталога в ОСОСД готовится справка о сейсмичности

зоны ответственности СФ ФИЦ ЕГС РАН за прошедший месяц. В неё входят каталог землетрясений, карта их эпицентров и обзор сейсмичности. Справка рассылается электронной почтой в службу региональных каталогов ФИЦ ЕГС РАН, в ГУ МЧС России по Сахалинской области, а также в ИМГиГ ДВО РАН.

Каталог землетрясений составляется на сейсмической станции «Южно-Сахалинск». Используются данные со всех сейсмических станций Дальневосточного региона, поступающие в режиме, близком к реальному времени, на серверы сбора и хранения информации в СФ ФИЦ ЕГС РАН и доступные для последующей обработки в программном комплексе DIMAS [Droznin, Droznina, 2011]. На рис. 7 представлена карта из БД «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона» с эпицентрами всех землетрясений, зарегистрированных РИОЦ «Южно-Сахалинск» в 2024 г. в Дальневосточном регионе.

За период наблюдений 2014–2024 гг. в базу данных «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона» были внесены параметры 54904 сейсмических событий. В 2024 г. база продолжала активно пополняться, в неё было добавлено 7826 записей. Диаграмма с кумулятивным

графиком наполняемости данными о параметрах землетрясений в БД «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона» представлена на рис. 8.

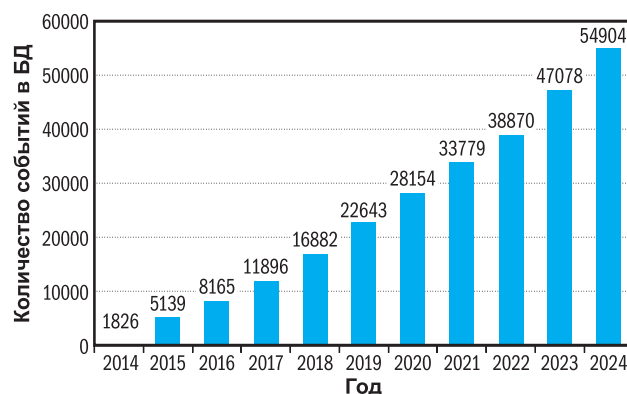


Рис. 8. Кумулятивный график наполняемости БД «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона» данными о зарегистрированных в РИОЦ «Южно-Сахалинск» землетрясениях за период 2014–2024 гг.

Информация о землетрясениях, находящаяся в БД «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона», используется:

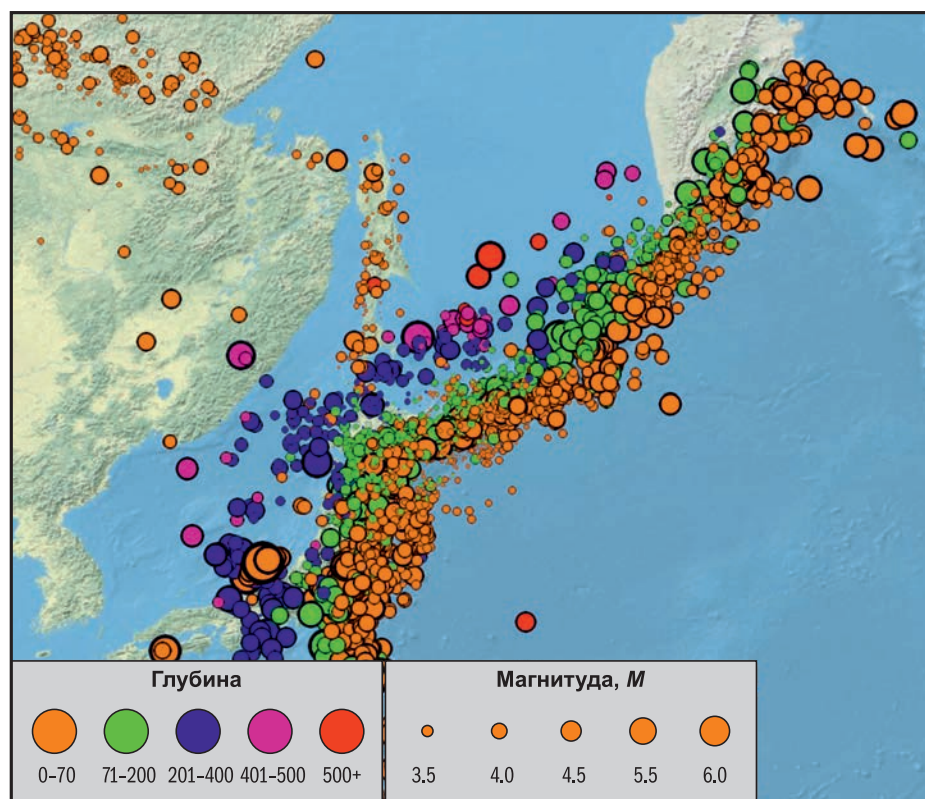


Рис. 7. Карта из БД «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона» с эпицентрами землетрясений с $M \geq 2.0$, зарегистрированными РИОЦ «Южно-Сахалинск» в 2024 г. в Дальневосточном регионе

— для оперативной оценки сейсмичности региона, когда требуется в срочном порядке дать оценку сейсмического режима и заключение о возможном развитии ситуации для региональных центров управления кризисными ситуациями МЧС по Сахалинской области;

— в рамках договора о сотрудничестве с ГУ МЧС по Сахалинской области для ЦУКС в 2016 г. было разработано и установлено ПО RTSM, которое в режиме, близком к реальному времени, предоставляет в виде интерактивной карты данные о текущих сейсмических событиях с магнитудой $M \geq 3.5$ в Дальневосточном регионе;

— для отображения сейсмических событий в Дальневосточном регионе с магнитудой $M \geq 2.0$ на интерактивной странице (<http://sakhr-res.imgg.ru/realseis.htm>) Сахалинского филиала Российского экспертного совета (СФ РЭС) по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска.

Параллельно с отладкой и наполнением БД «Мониторинг сейсмичности Дальневосточного региона» в СФ ФИЦ ЕГС РАН проводятся работы по систематизации имеющихся информационных ресурсов. Их описания составляются в виде кратких аннотаций и в табличном виде на основе унифицированного набора информативных элементов.

Ниже приводится перечень основных информационных ресурсов СФ ФИЦ ЕГС РАН.

Каталоги землетрясений:

— оперативный каталог зоны ответственности СФ ФИЦ ЕГС РАН;

— каталог землетрясений, сформированный в рамках Службы срочных донесений;

— каталог землетрясений Курило-Охотского региона;

— каталог землетрясений о. Сахалин;

— каталог землетрясений Приамурья и Приморья;

— каталог сильных и цунамигенных землетрясений мира;

— каталог механизмов очагов землетрясений зоны ответственности СФ ФИЦ ЕГС РАН.

Цифровые архивы:

— цифровые архивы волновых форм региональных землетрясений на внешних носителях;

— цифровой архив волновых форм сильных землетрясений зоны ответственности СФ ФИЦ ЕГС РАН.

Прочие информационные ресурсы:

— архив первичных материалов наблюдений (сейсмограммы станций СФ ФИЦ ЕГС РАН с регистрацией на фотобумагу);

— архив станционных бюллетеней;

— архив записей сильных движений.

Заключение

Внедрение современных технологий сбора, обработки и хранения сейсмологической информации позволяет накапливать обширный материал для дальнейших исследований в областях фундаментальной и прикладной сейсмологии.

Потребителями материалов сейсмологических наблюдений Сахалинского филиала являются: ФИЦ ЕГС РАН, научные сотрудники ИМГиГ ДВО РАН и других институтов Дальневосточного отделения РАН, институтов Сибирского отделения РАН, ИФЗ РАН, заинтересованные организации и ведомства Сахалинской области и Дальневосточного федерального округа, в числе ГУ МЧС России по Сахалинской области, Дальневосточный региональный центр ГУ МЧС России, учреждения «Росгидромета», различные федеральные и региональные службы, органы исполнительной власти в Дальневосточном регионе, средства массовой информации и др.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-00604-25) 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

Антикаев Ф.Ф., Эртелева О.О., Берзинский Ю.А., Клячко М.А., Шестоперов Г.С., Стром А.Л. Проект новой российской сейсмической шкалы // Инженерные изыскания. — 2011. — № 10. — С. 62–71. — EDN: OWELIF

Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. — М.: МГК АН СССР, 1965. — 11 с.

Коломиец М.В., Дуленцова Л.Г., Рыжикова М.И. Служба срочных донесений ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. — 2019. — Т. 1, № 1. — С. 84–91. — DOI: 10.35540/2686-7907.2019.1.08. — EDN: BHZSEQ

Костылев Д.В. Формирование единой системы сбора сейсмологической информации в Сахалинском филиале ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. — 2021. — Т. 3, № 1. — С. 41–53. — DOI: 10.35540/2686-7907.2021.1.03. — EDN: JQPBFA

Кругова И.Л., Костылева Н.В., Коргун Н.В., Паршина И.А. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Сахалин // Землетрясения России в 2023 году. — Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2025. — С. 175–177. — URL: http://www.gsras.ru/zr/app_23.html. — EDN: QBLXPI

Маловичко А.А., Коломиец М.В., Рузайкин А.И. Сейсмичность России в 2020 году // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. — 2021. — № 5. — С. 22–33. — DOI: 10.31857/S0869780921040068. — EDN: FAXDRP

Мишаткин В.Н., Захарченко Н.З., Чебров В.Н. Технические средства сейсмической подсистемы службы предупреждения о цунами // Сейсмические приборы. — 2011. — Т. 47, № 1. — С. 26–51. — EDN: NQYLZZ

О федеральной целевой программе «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года». Утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 07.07.2011 г. № 555. — URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/631>

Чебров В.Н., Гусев А.А., Дрознин Д.В., Мишаткин В.Н., Сергеев В.А., Шевченко Ю.В., Чебров Д.В. Первая очередь сейсмической подсистемы службы предупреждения о цунами // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Второй региональной научно-технической конференции. Т. 2 / Отв. ред. В.Н. Че-

бров. — Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2010. — С. 327–331. — EDN: VCCZDB

Crockford D. The application/json media type for JavaScript Object Notation (JSON). — IETF, 2006. — 10 p. — DOI: 10.17487/RFC4627

Droznin D.V., Droznina S.Y. Interactive DIMAS program for processing seismic signals // Seismic Instruments. — 2011. — V. 47, N 3. — A. 215. — DOI: 10.3103/S0747923911030054

Haas J.A. History of the Unity Game Engine. — Worcester: Worcester Polytechnic Institute, 2014. — 44 p.

Hejlsberg A., Wiltamuth S., Golde P. C# Language Specification. — Microsoft Corporation, 2000. — 490 p.

International Seismological Centre (ISC). On-line Bulletin [Site]. — URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>. — United Kingdom, Thatcham: Internat. Seismol. Centre, 2025. — DOI: 10.31905/D808B830

Nash T. LINQ: Language Integrated Query // Accelerated C# 2010. — Apress, 2010. — P. 543–576. — DOI: 10.1007/978-1-4302-2538-6_16

Widenius M., Axmark D., DuBois P. MySQL Reference Manual. — O'Reilly & Associates, Inc., 2002. — 712 p.

NET Framework 6.0 [Software]. — Microsoft Corporation, 2022.

Davis W.S., Yen D.C. The Information System Consultant's Handbook. Systems Analysis and Design. — CRC Press, USA, 1998. — 800 p. — DOI: 10.1201/9781420049107

Сведения об авторах

Костылев Дмитрий Викторович, канд. техн. наук, директор Сахалинского филиала Федерального государственного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (СФ ФИЦ ЕГС РАН), г. Южно-Сахалинск, Россия; науч. сотр. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН), г. Южно-Сахалинск, Россия. ORCID: 0000-0002-8150-9575. E-mail: d.kostylev@imgg.ru

Костылева Наталья Владимировна, канд. техн. наук, инженер СФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия; науч. сотр. ИМГиГ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия. ORCID: 0000-0002-3126-5138. E-mail: n.kostyleva@imgg.ru

Шукин Михаил Анатольевич, вед. программист СФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия. ORCID: 0009-0001-9587-1997. E-mail: vgcat.zero@gmail.com

Seismological data information system in the Sakhalin Branch of the GS RAS

© 2025 D.V. Kostylev^{1,2}, N.V. Kostyleva^{1,2}, M.A. Shchukin¹

¹SB GS RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia; ²IMGG FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Received September 24, 2025

Abstract A new seismological data information system has been developed and is being implemented at the Sakhalin Branch of GS RAS. The goal of the system is to consolidate all data obtained from seismic monitoring in the Sakhalin Region, Primorsky Krai, Khabarovsk Krai, Amur Oblast, as well as the northwestern Pacific Ocean, the Sea of Okhotsk, and the Sea of Japan into a single information space. The new expanded version is called “The Far East Region Seismicity Monitoring Database”. The article describes the database’s organizational principles, functionality and key features. Currently, the database includes a number of functions: automatic email sending, advanced map queries, automated query-based reports and near-real-time monitoring tools for emergency services. The main result is the compilation of an operational earthquake catalog and the provision of operational data to interested organizations.

Keywords Seismological data, information system, database, software.

For citation Kostylev, D.V., Kostyleva, N.V., & Shchukin, M.A. (2025). [Seismological data information system in the Sakhalin Branch of the GS RAS]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 7(4), 46-59. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2025.4.06>. EDN: USOWNV

References

- Aptikaev, F.F., Erteleva, O.O., Berzhinsky, Yu.A., Klyachko, M.A., Shestoporov, G.S., & Strom, A.L. (2011). [Project of a new Russian seismic scale]. *Inzhenernye izyskaniia* [Engineering Surveys], (10), 62-71. (In Russ.). EDN: OWELIF
- Chebrov, V.N., Gusev, A.A., Droznin, D.V., Mishatkin, V.N., Sergeev, V.A., Shevchenko, Yu.V., & Chebrov, D.V. (2010). [The first stage of the seismic subsystem of the Tsunami warning service]. In *Problemy kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dal'nego Vostoka Rossii. Trudy Vtoroi regional'noi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. T. 2 / Otv. red. V.N. Chebrov* [Proceedings of the II regional scientific and technical conference “Problems of complex geophysical monitoring of the Russian Far East”. Vol. 2. Resp. ed. V.N. Chebrov] (pp. 327-331). Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: VCCZDB
- Crockford, D. (2006). *The application/json Media Type for JavaScript Object Notation (JSON)*. IETF Publ., 10 p. DOI: [10.17487/RFC4627](https://doi.org/10.17487/RFC4627)
- Davis, W.S., & Yen, D.C. (1998). *The Information System Consultant's Handbook. Systems Analysis and Design*. USA: CRC Press, 800 p. DOI: [10.1201/9781420049107](https://doi.org/10.1201/9781420049107)
- 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)
- Haas, J.A. (2014). *History of the Unity Game Engine*. Worcester: Worcester Polytechnic Institute Publ., 44 p.
- Hejlsberg, A., Wiltamuth, S., & Golde, P. (2000). *C# Language Specification*. Microsoft Corporation Publ., 490 p.
- International Seismological Centre. (2025). *On-line Bulletin*. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>. DOI: [10.31905/D808B830](https://doi.org/10.31905/D808B830)
- Kolomiyets, M.V., Dulentsova, L.G., & Ryzhikova, M.I. (2019). [GS RAS Alert Survey]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 1(1), 84-91. (In Russ.). DOI: [10.35540/2686-7907.2019.1.08](https://doi.org/10.35540/2686-7907.2019.1.08). EDN: BHZSEQ
- Kostylev, D.V. (2021). [Formation of a unified system for collecting seismological information in the Sakhalin Division GS RAS]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 3(1), 41-53. (In Russ.). DOI: [10.35540/2686-7907.2021.1.03](https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.1.03). EDN: JQPBFA
- Krugova, I.L., Kostyleva, N.V., Korgun, N.V., & Parshina, I.A. (2025). [Earthquake catalogs in various regions of Russia. Sakhalin]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2023 godu* [Earthquakes in Russia in 2023] (pp. 175-177). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). Retrieved from http://www.gsras.ru/zr/app_23.html. EDN: QBLXPI
- Malovichko, A.A., Kolomiets, M.V., & Ruzaiкин, A.I. (2021). [Seismicity in Russia in 2020]. *Geoekologiya. Inzhenernaia geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya* [Geoecology. Engineering Geology, Hydrogeology,

- Geocryology], (5), 22-33. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0869780921040068. EDN: FAXDRP
- Medvedev, S.V., Sponheuer, W., & Karnik, V. (1965). *Shkala seismicheskoi intensivnosti MSK-64* [Seismic Intensity Scale MSK-64]. Moscow, Russia: Interdepartmental Geophysical Commission of the USSR Acad. Sci. Publ., 11 p. (In Russ.).
- Microsoft Corporation. (2022). NET Framework 6.0 [Software].
- Mishatkin, V.N., Zakharchenko, N.Z., & Chebrov, V.N. (2012). Hardware for the seismic subsystem of the tsunami warning service. *Seismic Instruments*, 48(1), 16-33. DOI: 10.3103/S0747923912010100
- Nash, T. (2010). LINQ: Language Integrated Query. In *Accelerated C# 2010* (pp. 543-576). Apress Publ. DOI: 10.1007/978-1-4302-2538-6_16
- O federal'noi tselevoi programme «Snizhenie riskov i smiagchenie posledstviy chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera v Rossiiskoi Federatsii do 2015 goda». Uverzhdena Postanovleniem Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 07.07.2011 g. N 555 [On the federal target program "Reducing risks and mitigating the consequences of natural and man-made emergencies in the Russian Federation until 2015". Resolution of the Government of the Russian Federation dated 07.07.2011 g. No. 555]. (2011). (In Russ.). Retrieved from <https://mchs.gov.ru/dokumenty/631>
- Widenius, M., Axmark, D., & DuBois, P. (2002). *MySQL Reference Manual* (1st. ed.). O'Reilly & Associates, Inc., 712 p.

Information about authors

Kostylev Dmitry Viktorovich, PhD, Director of the Sakhalin Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (SB GS RAS), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia; Researcher of the Institute of Marine Geology and Geophysics Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (IMGG FEB RAS), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia. ORCID: 0000-0002-8150-9575. E-mail: d.kostylev@imgg.ru

Kostyleva Natalya Vladimirovna, PhD, Engineer of the SB GS RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia; Researcher of the IMGG FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia. ORCID: 0000-0002-3126-5138. E-mail: n.kostyleva@imgg.ru

Shchukin Mikhail Anatolievich, Lead Programmer of the SB GS RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia. ORCID: 0009-0001-9587-1997. E-mail: vgc.at.zero@gmail.com