

УДК 550.34

Комплексные геофизические наблюдения и информационные ресурсы Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН (полуостров Камчатка)

© 2024 г. Д.В. Чебров, Г.Н. Копылова, В.А. Касимова, Е.О. Макаров

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

Поступила в редакцию 02.04.2024 г.

Аннотация. Представлены сведения о видах наблюдений и информационных ресурсах Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН (по состоянию на 2022 г.), которые могут использоваться научными и образовательными организациями Российской Федерации для изучения предвестников и разработки методов прогнозирования землетрясений и извержений вулканов, решения широкого круга научно-исследовательских задач в области геофизического мониторинга сейсмоактивных территорий и других задач. Информационные ресурсы и данные наблюдений проиллюстрированы на примере Единой информационной системы сейсмологических данных Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН и временных рядов данных комплексных метеорологических, гидрогеологических наблюдений и наблюдений за объёмной активностью радона в подпочвенном воздухе на станции «Морозная».

Ключевые слова: комплексный геофизический и геохимический мониторинг, информационные ресурсы, землетрясения, предвестники землетрясений и извержений вулканов, полуостров Камчатка.

Для цитирования: Чебров Д.В., Копылова Г.Н., Касимова В.А., Макаров Е.О. Комплексные геофизические наблюдения и информационные ресурсы Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН (полуостров Камчатка) // Российский сейсмологический журнал. — 2024. — Т. 6, № 2. — С. 7–26. — DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2024.2.01>. — EDN: IRMSEN

Введение

Геодинамические процессы, сопряжённые с возникновением сильных землетрясений и извержений вулканов, могут проявляться не только в изменениях сейсмичности, но и воздействовать на внутренние и внешние оболочки Земли и вызывать возмущения механических, тепловых, электромагнитных, флюидодинамических и других параметров, регистрируемых при проведении комплексного геофизического и геохимического мониторинга сейсмоактивной территории с использованием различных видов наблюдений на сетях пунктов и станций. Получаемые данные наблюдений за полями Земли имеют определяющее значение при разработке теоретических моделей подготовки и прогнозирования землетрясений и извержений вулканов.

Полуостров Камчатка расположен в северо-западной части Тихоокеанского сейсмического пояса и подвержен частому воздействию сильных землетрясений, цунами и извержений

вулканов. Такие природные катастрофы представляют опасный дестабилизирующий фактор устойчивого развития территории Камчатского края, поэтому вопросы их прогнозирования на основе данных комплексных наблюдений за полями Земли представляют здесь первостепенную задачу [Чебров В. и др., 2011; Фирстов и др., 2016]. Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (КФ ФИЦ ЕГС РАН) проводит работы по созданию системы сейсмологических, геодезических, геофизических и геохимических наблюдений на территории Камчатского края для обеспечения исследований, проводимых образовательными и научно-исследовательскими организациями по различным направлениям наук о Земле, включая проблему прогнозирования землетрясений, цунами и извержений вулканов. Основными элементами такой системы являются сети станций по различным видам наблюдений, телеметрические средства передачи данных

с этих станций в центр накопления и обработки, а также программные средства сбора и оперативной обработки получаемой информации в целях обнаружения признаков подготовки природной катастрофы и своевременного уведомления органов власти о текущей сейсмической, вулканической, цунами опасности и прогнозах сильных землетрясений и извержений вулканов [Чебров Д. и др., 2021].

Большая часть наблюдательных пунктов КФ ФИЦ ЕГС РАН за «несейсмическими» параметрами расположена на территории Петропавловск-Камчатского полигона (ПКП) (рис. 1а) вблизи городов Петропавловск-Камчатский и Елизово, в которых проживает большая часть населения Камчатского края. Здесь исследования по поиску и изучению предвестников землетрясений и извержений вулканов проводятся с использованием данных комплексных наблю-

дений (рис. 1б). Функционирующие здесь сети сейсмических, геодезических, скважинных и других видов наблюдений обладают достаточной оснащённостью для ведения мониторинга современных геодинамических процессов с использованием технологий цифровой регистрации сигналов, телекоммуникационных систем на базе мобильных, спутниковых и кабельных каналов связи, систем спутниковой навигации GPS, а также компьютерной обработки данных в режиме, близком к реальному времени, с архивированием сейсмической и другой информации на сервере КФ ФИЦ ЕГС РАН. Результаты наблюдений регулярно предоставляются ответственными исполнителями в Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска (КФ РЭС) [Чебров В. и др., 2011; Чебров Д. и др., 2021].

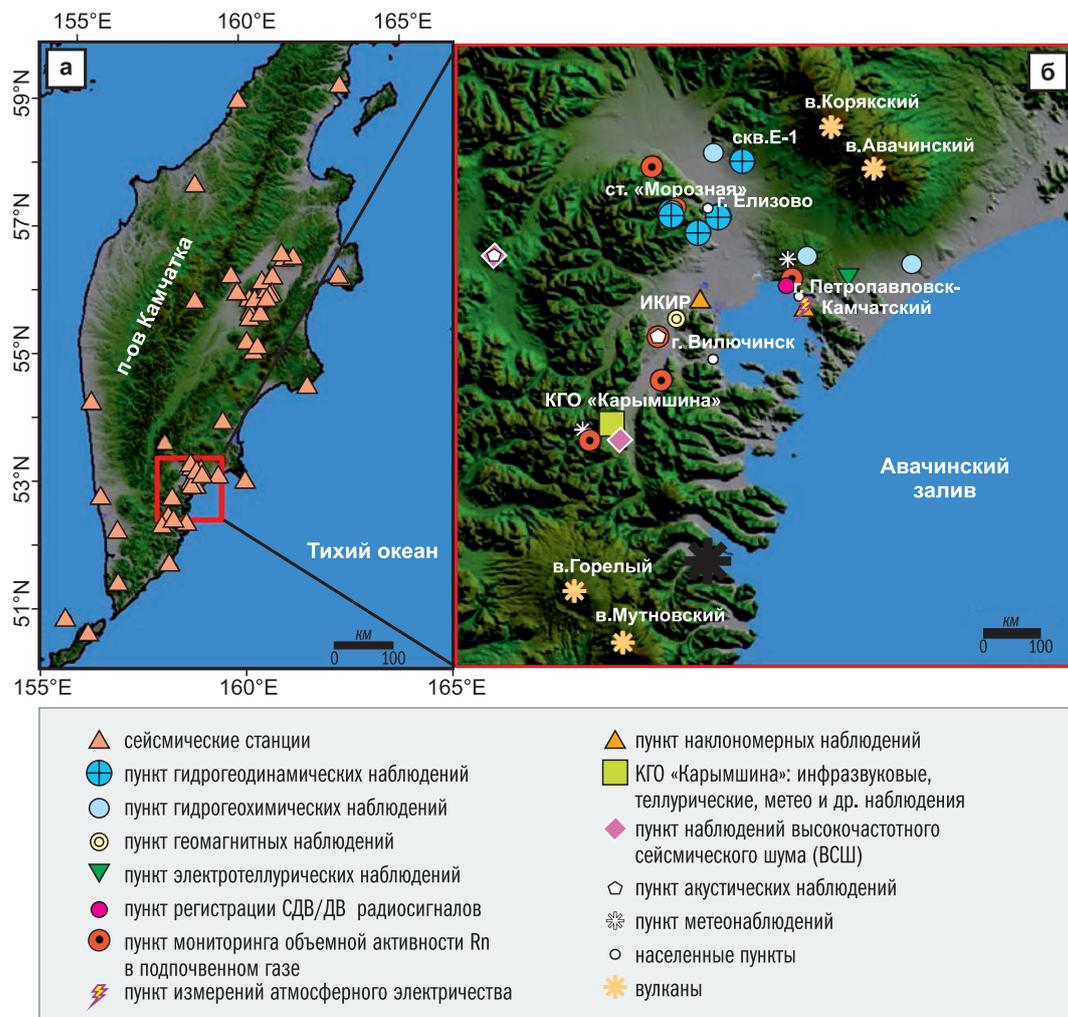


Рис. 1. Камчатская региональная сеть сейсмических станций КФ ФИЦ ЕГС РАН (а) (красным квадратом обозначена территория Петропавловск-Камчатского полигона); карта расположения пунктов наблюдений на территории Петропавловск-Камчатского полигона по [Иванов, Касимова, 2009; Kopylova et al., 2009] с дополнениями (б)

Данные по отдельным видам наблюдений в форме каталогов землетрясений и временных рядов измеряемых параметров представлены различными информационными ресурсами в составе Регионального информационно-обрабатывающего центра (РИОЦ) КФ ФИЦ ЕГС РАН. Большая часть сейсмологических данных и некоторая часть актуализированных временных рядов данных геодезических, геофизических и геохимических наблюдений входят в базу данных «Информационные ресурсы Единой геофизической службы РАН» (БД ИР ЕГС РАН) (<http://www.gsras.ru/new/infres/>).

Данные сейсмических наблюдений КФ ФИЦ ЕГС РАН аккумулированы в Единой информационной системе сейсмологических данных (ЕИССД, <https://sdis.emsd.ru>), которая даёт возможность интерактивного доступа к текущим и архивным данным о произошедших землетрясениях в районе полуострова Камчатка и прилегающей территории, к каталогам землетрясений и другой сейсмологической информации [Чеброва и др., 2020; Чемарев и др., 2021; Chebrov V. et al., 2013].

Данные геофизических, геохимических и метеорологических наблюдений представляют временные ряды с частотой дискретизации от суток до секунд и долей секунд. Такие временные ряды используются для изучения изменений регистрируемых параметров во времени и выделения аномалий, связанных с влиянием землетрясений и извержений вулканов. Большая часть таких временных рядов содержится в базе данных геофизических наблюдений Информационной системы «POLYGON» (ИС «POLYGON»), в которой реализована возможность одновременной работы в интерактивном режиме с равномерно и неравномерно распределёнными временными рядами, а также их графическое построение для общего интервала времени [Копылова et al., 2009; Копылова, Пантюхин и др., 2021]. Исходные данные «несейсмических» видов наблюдений также хранятся в РИОЦ КФ ФИЦ ЕГС РАН в виде систематизированных электронных архивов данных.

Выполненный авторами анализ данных о геофизических, геодезических, геохимических и других наблюдениях и информационных ресурсах КФ ФИЦ ЕГС РАН проводился по материалам научно-исследовательских работ и по публикациям сотрудников КФ ФИЦ ЕГС РАН с использованием описаний различных видов информационных ресурсов (ИР) на сайтах КФ ФИЦ ЕГС РАН (<https://glob.emsd.ru>) и ФИЦ ЕГС РАН (<http://www.gsras.ru/new/infres/>) при участии ответственных лиц по каждому виду наблюдений и ведению соответствующих информационных ресурсов.

При систематизации данных наблюдений по видам: сейсмологические, геодезические, геофизические, геохимические, метеорологические наблюдения, наблюдения в скважинах за параметрами подземных вод, наблюдения за вулканами, учитывались особенности отдельных видов наблюдений и наличие соответствующих информационных ресурсов (рис. 2).

При систематизации данных наблюдений по видам: сейсмологические, геодезические, геофизические, геохимические, метеорологические наблюдения, наблюдения в скважинах за параметрами подземных вод, наблюдения за вулканами, учитывались особенности отдельных видов наблюдений и наличие соответствующих информационных ресурсов (рис. 2).



Рис. 2. Система комплексных наблюдений Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН.

РТСС – радиотелеметрическая сеть станций; Единая информационная система сейсмологических данных (ЕИССД) [Чеброва и др., 2020]; GNSS – спутниковая система навигации Global Navigation Satellite System; ОНЧ/НЧ – сверх- и длинноволновые радиосигналы в частотном диапазоне 20–40 кГц; ИС – информационная система; КГО – комплексная геофизическая обсерватория; ОАР – объёмная активность радона в подпочвенном воздухе

Таблица 1. Данные о видах наблюдений и информационных ресурсах КФ ФИЦ ЕГС РАН по состоянию на 2022 г. (цифры в скобках со звёздочкой – номер ИР в базе данных информационных ресурсов Единой геофизической службы РАН <http://www.gsras.ru/new/infres/>)

Вид наблюдений и его краткая характеристика	Информационный ресурс	Ответственные за ведение ИР
СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ДАННЫЕ		
Сеть сейсмических станций (рис. 3), 1961 г. – н.в., 82 станции: – цифровые станции (49 шт.) оборудованы датчиками SMG-6TD (0.033–40 Гц, 15 шт.), SMG-5TD (0–40 Гц, 36 шт.), SMG-3ТВ (0.0083–40 Гц, 3 шт.), AC-73iNHV (0–40 Гц, 4 шт.), TS-2 (0.0083–40 Гц, 2 шт.), KS-2000 (0.01–40 Гц, 1 шт.), TC120-SV1 (0.0083–40 Гц, 6 шт.), CM-3ос (0.02–10 Гц, 1 шт.); – радиотелеметрические станции (33 шт.) оборудованы датчиками CM-3 (0.7–20 Гц, 34 шт.), CM-3вч (4–20 Гц, 21 шт.), СКД-УП (0.05–5 Гц, 1 шт.).	Единая информационная система сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН, https://sdis.emsd.ru . Каталоги землетрясений: – землетрясения Камчатки и Командорских островов (1962 г. – н.в.); – сильные землетрясения по данным РИОЦ «Петропавловск» (2010 г. – н.в.); – спектрально-временные характеристики сейсмического шума (2013 г. – н.в.); – механизмы очагов землетрясений с $K_s > 11.5$ (1970 г. – н.в.); – макросейсмические данные (1962 г. – н.в.); – архивы сейсмических записей.	Лаборатория сводной обработки, Матвеев Евгений Александрович, 8 (4152)431874, van@emsd.ru
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ДАННЫЕ		
Сеть станций GNSS-наблюдений KamNet (рис. 4а), 30 станций, 1996 г. – н.в.	Цифровой архив данных GNSS-наблюдений, http://www.gsras.ru/new/infres/[26*] содержит данные в формате RINEX: – суточные файлы с интервалом 30 с, 1 с; – эфемериды спутников; – метеоданные (температура, давление, влажность); – глобальные карты полной электронной концентрации ионосферы; – дополнительные данные и результаты обработки в виде временных рядов координат пунктов.	Лаборатория исследований и мониторинга сильных землетрясений, Титков Николай Николаевич, 8(4152)431858, 8(4152)431824, nik@emsd.ru
Регистрация наклонов земной поверхности по направлениям NS, EW на четырёх пунктах (рис. 4а, б), 2010 г. – н.в.	Архив данных наклономерных наблюдений: – суточные 100 Гц данные наклонов в формате WIN; – данные о температуре, а также часовые и 1-минутные данные измерения наклонов, http://www.gsras.ru/new/infres/[27*] .	Лаборатория исследований и мониторинга сильных землетрясений, Глухов Виталий Евгеньевич, 8(4152)431829, glukhov_v@emsd.ru
НАБЛЮДЕНИЯ В СКВАЖИНАХ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД		
Автоматизированные наблюдения 1996 г. – н.в. за вариациями уровня, давления, температуры и электропроводности подземной воды в скважинах Е-1, М-1, М-2, ЮЗ-5, 1303 (рис. 4в); измерения атмосферного давления и температуры воздуха; периодичность наблюдений 5 мин – 20 Гц, цифровые данные.	ИС «POLYGON» (база данных геофизических наблюдений) http://www.gsras.ru/new/infres/[21*] (№ 2021622312 28.10.2021 г. РОСПАТЕНТ).	Лаборатория геофизических исследований, Копылова Галина Николаевна, 8(4152)431849, gala@emsd.ru
Гидрогеохимические наблюдения 1977 г. – н.в. за составом подземных вод и газов на самоизливающихся скважинах пунктов Пиначево, Морозная, Верхняя Паратунка, Хлебозавод (рис. 4в); периодичность наблюдений 1 раз в 3–6 суток.	База данных гидрогеохимических наблюдений http://www.gsras.ru/new/infres/[16*] , ИС «POLYGON».	Лаборатория гидро-сейсмологии, Рябинин Геннадий Владимирович, 8(4152)431856, gena@emsd.ru

Вид наблюдений и его краткая характеристика	Информационный ресурс	Ответственные за ведение ИР
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ДАННЫЕ		
Наблюдения за вариациями объёмной активности радона (ОАР) в подпочвенном воздухе на 6 пунктах (рис. 4г), 1997 г. – н.в., периодичность наблюдений 30 мин.	Локальная база данных, 1997–2022 гг. содержит данные измерений в текстовом формате. ИС «POLYGON», 1997–2022 гг., содержит данные наблюдений на пунктах ИНС, ИНС1, ПРТ.	Лаборатория акустического и радонового мониторинга, Макаров Евгений Олегович, 8(4152)431893, ice@emsd.ru
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ДАННЫЕ		
Геомагнитные наблюдения (магнетр-вариометр) на КГО Карымшина (2001–2021 гг.)	Цифровой архив данных геомагнитных наблюдений (2014–2021 гг.): записи вариаций Z, H, D компонент магнитного поля Земли с частотой 50 Гц в 2001–2008 гг. и с частотой 100 Гц в 2013–2021 гг. http://www.gsras.ru/new/infres/ [82*].	Лаборатория геофизических исследований, Копылова Галина Николаевна, 8(4152)431849, gala@emsd.ru
Электротеллурические наблюдения на пунктах (рис. 4б): «Шипунский», шесть линий, 1995–2018 гг.; «Тундровый», шесть линий, 1997–2018 гг.; «Верхняя Паратунка», четыре линии, 1996–2022 гг. Периодичность измерений 1 мин. и 20 с.	ИС «POLYGON». Цифровой архив первичных данных, единицы измерения – мВ, http://www.gsras.ru/new/infres/ [84*].	Лаборатория геофизических исследований, Копылова Галина Николаевна, 8(4152)431849, gala@emsd.ru
Регистрация амплитуды и фазы СДВ/ДВ радиосигналов по 4–10 радиотрассам в Петропавловске-Камчатском (РТК) (рис. 4б), 2000 г. – н.в., периодичность измерений 20 с.	ИС «POLYGON». Цифровой архив данных регистрации СДВ/ДВ радиосигналов системы OmniPal, 2000–2021 гг. http://www.gsras.ru/new/infres/ [124*]. Цифровой архив данных регистрации СДВ/ДВ радиосигналов системы UltraMSK, 2020 г. – н.в. http://www.gsras.ru/new/infres/ [172*].	Лаборатория геофизических исследований, Копылова Галина Николаевна, 8(4152)431849, gala@emsd.ru
Регистрация высокочастотного сейсмического шума (ВСШ) на КГО «Карымшина» (рис. 4б) в узкой полосе частот (центральная частота »30 Гц, добротность 100), 2001–2022 гг.	Цифровой архив записей на сервере КФ ФИЦ ЕГС РАН (суточные MSEED-файлы, 100 Гц, визуализация в программе Dimas [Droznin, Droznina, 2011]).	Лаборатория сейсмического мониторинга, Салтыков Вадим Александрович, 8(4152)431813, salt@emsd.ru
Регистрация градиента потенциала вертикальной компоненты электрического поля атмосферы на пяти пунктах (рис. 4а), 2016–2022 гг.	Цифровой архив суточных ASCII-файлов с дискретизацией 1 Гц, визуализация данных в программе Dimas.	Акбашев Ринат Рафикович, 8(4152)431893, arr@emsd.ru
Сезонная (в зимнее время) регистрация инфразвукового поля атмосферы на КГО «Карымшина», 2020–2022 гг.	Цифровой архив записей на сервере КФ ФИЦ ЕГС РАН (суточные MSEED-файлы, 100 Гц, визуализация в программе Dimas).	Чебров Данила Викторович, 8(4152)431401, danila@emsd.ru
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ДАННЫЕ		
Регистрация волновых акустических возмущений в атмосфере, 2 пункта (рис. 4б, , 2008–2022 гг.	ИС «KamIn» (№ 2014620664 08.05.2014 г. РОСПАТЕНТ) [20*], характеристики и иллюстрации волновых форм инфразвуковых колебаний при извержениях вулканов, метеоданные.	Лаборатория акустического и радонового мониторинга, Макаров Евгений Олегович, 8(4152)431893, ice@emsd.ru

Вид наблюдений и его краткая характеристика	Информационный ресурс	Ответственные за ведение ИР
Метеостанция «Пионерская» Камчатское УГМС; – метеостанция КГО «Карымшина»; – наблюдения за температурой и атмосферным давлением воздуха на скважинах М1, ЮЗ-5, Е1, 1303 (рис. 46).	ИС «POLYGON», архивы данных.	Лаборатория геофизических исследований, Копылова Галина Николаевна, 8(4152)431849, gala@emsd.ru
НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВУЛКАНАМИ И ДАННЫЕ		
Наблюдения за активными вулканами Камчатки и Северных Курильских островов.	ИС «Извержения вулканов Камчатки и Курильских островов» [113*] (№ 2017621085 22.09.2017 г. РОСПАТЕНТ), содержит информацию о состоянии вулканов Камчатки и Северных Курильских островов с 2000 г. по н.в. http://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/main.htm	Лаборатория исследований сейсмической и вулканической активности, Сеньюков Сергей Львович, 8(4152)218116, ssl@emsd.ru
Видеонаблюдения за активными вулканами Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Толбачик, Кизимен, Малый Семейчик, Жупановский, Авачинский, Корякский, Вилючинский, Горелый, Мутновский, Эбеко	Информационный ресурс «Мониторинг вулканической активности»: – записи непрерывной видеосъёмки вулканов с частотой кадр в секунду; – архив видеоданных с частотой кадр в минуту.	

Проведение геофизических, геохимических, гидрогеологических и других наблюдений в КФ ФИЦ ЕГС РАН было инициировано руководством организации, а также отдельными сотрудниками по согласованию с руководством. Такие наблюдения имели преимущественно опытно-экспериментальный характер. Описание методик проведения отдельных видов наблюдений приводится в авторских публикациях:

– геодезические наблюдения, включающие сеть станций GNSS и станции наклономерных измерений [Левин и др., 2006; Levin et al., 2014; Глухов и др., 2023];

– автоматизированные наблюдения за уровнем, давлением, температурой и электропроводностью подземной воды в скважинах совместно с регистрацией атмосферного давления и температуры воздуха [Болдина и др., 2022; Копылова et al., 2017; Копылова, Болдина, 2019];

– гидрогеохимические наблюдения за главными компонентами состава термоминеральной воды и растворенного газа из самоизливающихся скважин, и источников [Копылова и др., 1994; Хаткевич, Рябинин, 2004];

– электромагнитные наблюдения с использованием магнитометра-вариометра и измерений электротеллурических потенциалов [Мороз и др., 1995; Копылова и др., 2015];

– регистрация СДВ/ДВ радиосигналов на приёмном пункте РТК в Петропавловске-Кам-

чатском от передатчиков (частота 20–40 кГц), расположенных в районах Японии, Австралии, Индии и США, [Копылова, Будилова, 2021; Копылова и др., 2021];

– измерения градиента потенциала вертикальной компоненты электрического поля атмосферы [Akbashev et al., 2022];

– регистрация высокочастотного сейсмического шума [Салтыков и др., 2006; Saltykov, 2017];

– регистрация волновых возмущений в атмосфере [Фирстов и др., 2020; Makhmudov et al., 2017];

– измерения объёмной активности радона, концентраций водорода и углекислого газа в подпочвенном воздухе [Фирстов и др., 2015; Фирстов, Макаров, 2018];

– наблюдения за активными вулканами на п-ове Камчатка и о. Парамушир [Сеньюков, 2006; Senyukov et al., 2009; <https://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/main.htm>].

Краткая информация по отдельным видам наблюдений также приводится на сайте КФ ФИЦ ЕГС РАН (<https://www.emsd.ru/observations>).

Данные по отдельным видам наблюдений по состоянию на 2022 г. совместно с характеристикой соответствующих видов информационных ресурсов и указанием лиц, ответственных за их ведение и пополнение, представлены в табл. 1. На рис. 4а–г показаны схемы размещения наблюдательных пунктов КФ ФИЦ ЕГС РАН по различным видам наблюдений. На рис. 4а

показано расположение пунктов на территории полуострова Камчатка и острова Парамушир. На рис. 4б–г показано расположение наблюдательных пунктов на территории Петропавловск-Камчатского полигона.

В табл. 2 приводятся сведения об информационных ресурсах Камчатского филиала, включённые в общую базу данных информационных ресурсов ФИЦ ЕГС РАН (<http://www.gsras.ru/new/infres/>).

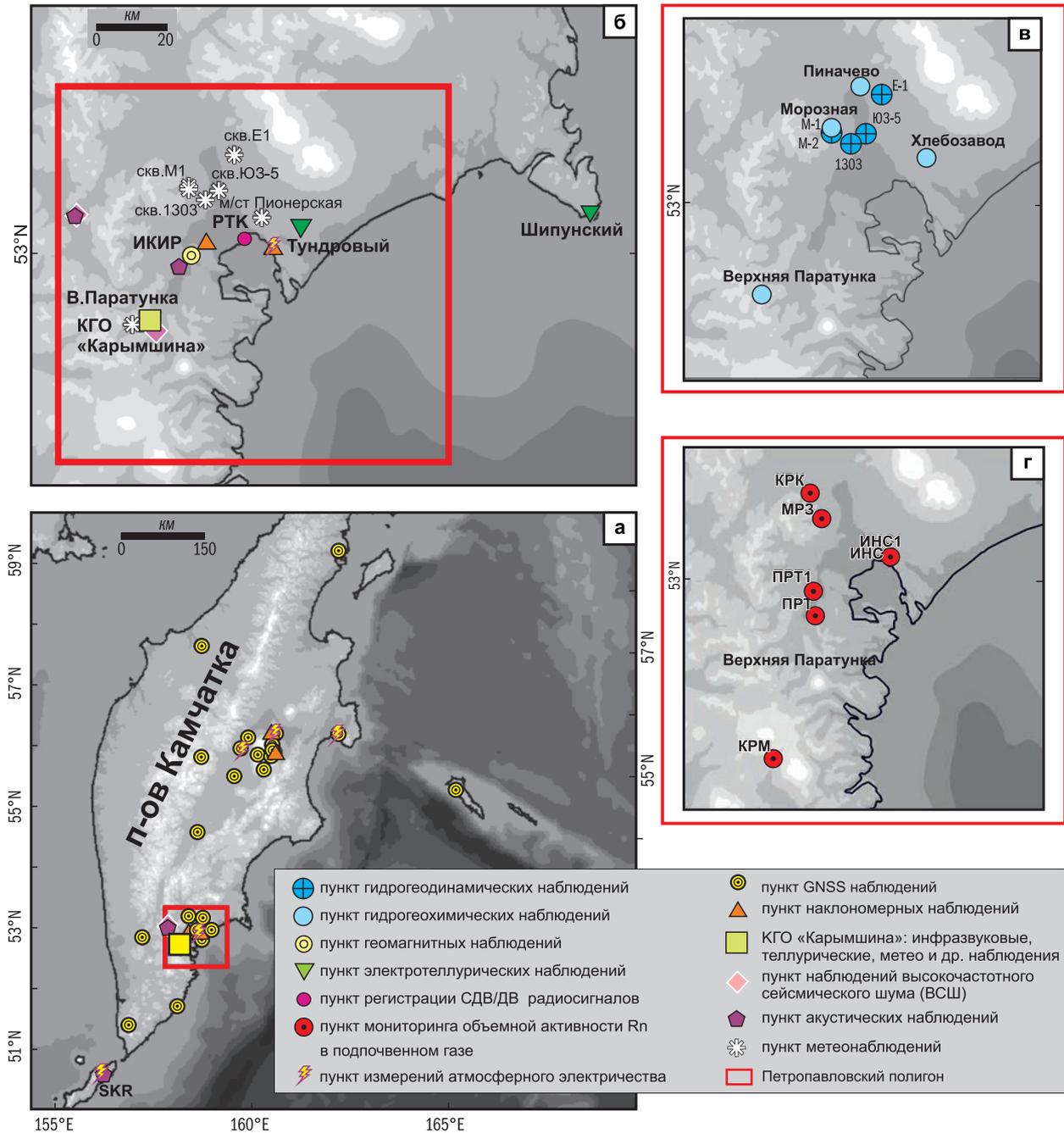


Рис. 4. Схемы размещения пунктов наблюдений Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН по состоянию на конец 2022 г.: пункты геодезических наблюдений, наблюдений за атмосферным электричеством и др. на территории п-ова Камчатка и о. Парамушир (а) (красным квадратом выделена территория Петропавловск-Камчатского полигона); пункты электромагнитных и метеорологических наблюдений (б), пункты наблюдений за параметрами подземных вод в скважинах (в), пункты наблюдения за вариациями объёмной активности радона в почвенном воздухе (г) на территории Петропавловск-Камчатского полигона

Таблица 2. Перечень информационных ресурсов КФ ФИЦ ЕГС РАН, включённых в состав базы данных информационных ресурсов ФИЦ ЕГС РАН по состоянию на 2022 г.

Номер [id]	Название информационного ресурса	Тип / статус ИР
[2]	Региональный каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов, 1962–2017 гг. (№ 2012621161 12.11.2012 г. РОСПАТЕНТ)	Электронный каталог / обновляемый
[3]	Волновые формы региональных землетрясений Камчатки и Командорских островов, 1996–2017 гг. (№ 2013621038 28.08.2013 г. РОСПАТЕНТ)	Цифровой архив / не обновляемый
[4]	Волновые формы сильных землетрясений Дальнего Востока РФ и мира, 1993–2013 гг.	Цифровой архив / не обновляемый
[5]	Окончательный каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов, 1962–2009 гг.	Электронный каталог / обновляемый
[6]	Макросейсмический каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов, 1962–2014 гг.	Электронный каталог / не обновляемый
[7]	Сводка макросейсмических сведений по землетрясениям Камчатки (доинструментальный и ранний инструментальный период наблюдений), 1698–1961 гг.	Архив на бумажных носителях / не обновляемый
[8]	Каталог макросейсмических описаний землетрясений Камчатского региона за доинструментальный период наблюдений, 1737–1899 гг.	Архив на бумажных носителях / не обновляемый
[9]	Макросейсмический каталог доинструментального и раннего инструментального периода, 1737–1961 гг.	Электронный каталог / обновляемый
[10]	Каталог механизмов очагов землетрясений Камчатки и Командорских островов, 1969–2017 гг.	Электронный каталог / обновляемый
[11]	Архив первичных материалов наблюдений (сейсмограммы на бумажном носителе и обработки землетрясений), 1961–2022 гг.	Архив на бумажных носителях / не обновляемый
[12]	Архив подробных станционных данных, 1962–2009 гг.	Цифровой архив / обновляемый
[13]	Архив исходных станционных данных в форматах .dbf с 1962 по 2013 г.	Цифровой архив / обновляемый
[15]	База данных гидрогеохимических наблюдений, 1977 г. – н.в.	База данных / обновляемый
[16]	База данных газодинамических наблюдений, 2001 г. – н.в.	База данных / обновляемый
[17]	ГИС «Петропавловский геодинамический полигон», 1969 г. – н.в.	Геоинформационная система / пополняемый
[18]	Вулканические события на вулканах Камчатки: сейсмические сигналы и их спектры, фото и видео материалы, 2000–2013 гг.	База данных / не обновляемый
[19]	Региональные и вулканические землетрясения Камчатки и прилегающих островов по оперативным данным за 1991–2010 гг.	Электронный каталог / не обновляемый
[20]	Информационная система акустического мониторинга волновых возмущений в атмосфере полуострова Камчатка «KamIn», 2010 г. – н.в. (№ 2014620664 08.05.2014 г. РОСПАТЕНТ).	Информационная система / обновляемый
[21]	Информационная система «POLYGON» (база данных геофизических наблюдений), 1971 г. – н.в. (№ 2021622312 28.10.2021 г. РОСПАТЕНТ)	Информационная система / обновляемый
[22]	Информационно-вычислительная система «Землетрясения Камчатки», 1996–2006 гг.	Информационная система / не обновляемый
[23]	Монитор сейсмической активности Дальнего Востока России, 2008 г. – н.в.	Информационная система / обновляемый
[25]	Активность вулканов Камчатки, 2000 г. – н.в. (№ 2014620148 20.01.2014 г. РОСПАТЕНТ).	База данных / пополняемый
[26]	Архив GNSS наблюдений, 1996 г. – н.в.	Цифровой архив / пополняемый
[27]	Архив данных наклономерных наблюдений, 2010 г. – н.в.	Цифровой архив / пополняемый
[82]	Цифровой архив данных геомагнитных наблюдений на комплексной геофизической обсерватории «Карымшина», 2001–2021 гг.	Цифровой архив / не обновляемый

Номер [id]	Название информационного ресурса	Тип / статус ИР
[83]	Архив суточных записей сейсмического сигнала на широкополосных станциях КФ ФИЦ ЕГС РАН (канал ВNZ) с дискретизацией 1 минута, 2011 г. – н.в.	Цифровой архив / пополняемый
[84]	Архив первичных данных, зарегистрированных геофизической радиотелеметрической системой на пунктах наблюдений Верхняя Паратунка, Шипунский, Тундровый и Водород, 1996–2022 гг.	Цифровой архив / не обновляемый
[85]	ЕИССД: Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов, 1962 г. – н.в.	Электронный каталог / пополняемый
[86]	ЕИССД: Макросейсмический каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов, 1962 г. – н.в. (№ 2015620410 02.03.2015 г. РОСПАТЕНТ).	Электронный каталог / обновляемый
[111]	ЕИССД: Станционные бюллетени, 2015–2017 гг.	Электронный каталог / обновляемый
[113]	Информационная система «Извержения вулканов Камчатки и Курильских островов», 2000 г. – н.в. (№ 2017621085 22.09.2017 г. РОСПАТЕНТ).	Информационная система / пополняемый
[114]	Протокол обработки землетрясений, 2007 г. – н.в.	Электронный каталог / пополняемый
[124]	Цифровой архив данных регистрации ОНЧ/НЧ радиосигналов системы OmniPal на приемном пункте в Петропавловске-Камчатском, 2000–2022 гг.	Цифровой архив / не пополняемый
[125]	Цифровой архив «Избранные видеозаписи извержений вулканов Камчатки», 2012 г. – н.в.	Цифровой архив / пополняемый
[157]	ЕИССД: Каталог механизмов очагов землетрясений Камчатки и Командорских островов, 1969 г. – н.в.	Электронный каталог / пополняемый
[158]	Единая информационная система сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН, 1962 г. – н.в.	Информационная система / обновляемый
[160]	Архив непрерывных сейсмических записей, 1996 г. – н.в.	Цифровой архив / пополняемый
[165]	ЕИССД: Архив спектров плотности мощности шума на сейсмометрических каналах, 2013 г. – н. в.	Цифровой архив / пополняемый
[166]	ЕИССД: Архив волновых форм землетрясений Камчатки и Командорских островов, 2013–2014 гг.; 2016 г. – н.в.	Цифровой архив / пополняемый
[167]	ЕИССД: Сейсмологический бюллетень, 1962 г. – н.в.	Электронный каталог / обновляемый
[168]	ЕИССД: Цифровой архив копий бумажных сейсмограмм, содержит 1958–1959, 1964 гг.	Цифровой архив / пополняемый
[172]	Цифровой архив данных наблюдений ОНЧ/НЧ сигналов, принимаемых в Петропавловске-Камчатском приёмником системы Ultra_Msk, 2019 г. – н.в.	Цифровой архив / обновляемый
[175]	Цифровой архив данных регистрации давления подземной воды в скважине ЮЗ-5 с частотой 20 Гц. Ресурс содержит данные за период 2020 г. – н.в.	Цифровой архив / обновляемый
[177]	База данных «Информация о бумажных сейсмограммах», 1962–2006 гг.	База данных / пополняемый

Данные наблюдений на скважинах, данные наблюдений за теллурическими потенциалами, СДВ/ДВ радиосигналами и другие содержатся в Информационной системе «POLYGON» (База данных геофизических наблюдений), которая идентифицируется в табл. 2 номером [id=24]. ИС «POLYGON» изначально создавалась для работы с «несейсмическими» данными в форме временных рядов и представляет собой эффективный инструмент их сбора, хранения, визуа-

лизации и анализа [Kopylova et al., 2009; Копылова, Будилова и др., 2021].

Другие данные наблюдений КФ ФИЦ ЕГС РАН, которые не были оформлены в качестве отдельных информационных ресурсов в составе БД ИР ЕГС РАН (табл. 1), хранятся в локальных архивах ответственных лиц или в архиве не сервере КФ ФИЦ ЕГС РАН в виде MSEED-файлов с возможностью их просмотра средствами программы DIMAS [Droznin, Droznina, 2011].

Примеры данных комплексных наблюдений

Проиллюстрируем некоторые возможности использования информационных ресурсов КФ ФИЦ ЕГС РАН для решения научных задач на примерах Единой информационной системы сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН и временных рядов данных наблюдений на станции «Морозная», которые хранятся в базе данных геофизических наблюдений ИС «POLYGON».

Единая Информационная система сейсмологических данных

Подробное описание ЕИССД приводится в работе [Чеброва и др., 2020]. Характеристика новых элементов ЕИССД дано в работе [Чемарев и др., 2021].

ЕИССД представляет собой совокупность подсистем, каждая из которых обеспечивает выполнение задач по различным направлениям сейсмического мониторинга района п-ова Камчатка и сопредельных территорий:

- автоматическое формирование Бюллетеня Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН;
- дополнение Бюллетеня параметрами землетрясений, предоставленными мировыми сейсмологическими агентствами ISC (<http://www.isc.ac.uk/>), NEIC (<https://earthquake.usgs.gov/>), GCMT (<https://www.globalcmt.org/>) и др.;
- автоматическое создание волновых форм из непрерывных записей сейсмометрических каналов;
- автоматизированный сбор и систематизация макросейсмических данных;
- подготовка данных для расчёта механизмов очагов землетрясений и сохранение результатов расчётов;
- ведение автоматизированного контроля и корректировки данных, поступающих в ЕИССД;
- обеспечение удобного доступа пользователей к данным ЕИССД через Интернет (<http://sdis.emsd.ru/>);
- визуализация всех занесённых данных с помощью интерактивной карты и др.

Кроме использования ЕИССД сотрудниками организации в текущей работе, она также является полезным инструментом в научных исследованиях сейсмичности Камчатки. На рис. 5 представлена веб-страница ЕИССД с обеспечением доступа к Региональному каталогу землетрясений Камчатки и Командорских островов (информационный ресурс с номером id [85] в табл. 2). В этом каталоге содержатся данные о землетрясениях с величинами энергетических классов $K_s \geq 8.5$. По состоянию на 1 января 2023 г. Региональный каталог содержит 57438 записей

о произошедших землетрясениях в районах Камчатки, Командорских островов и северо-западной окраины Тихого океана с 1962 года. При использовании этой веб-страницы пользователь может ознакомиться с содержанием ИР (рис. 5б) и выбрать землетрясения с заданными диапазонами параметров.

Все данные, содержащиеся в ЕИССД, условно разделяются на общедоступные и доступные по запросу. К общедоступным данным относятся:

- каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов с $ML \geq 3.5$ за период с 1962 г. по настоящее время;
- каталог сильных землетрясений по данным РИОЦ «Петропавловск» с $ML \geq 5.5$ за период с 2010 г. по настоящее время;
- каталог механизмов очагов землетрясений Камчатки и Командорских островов по знакам первых вступлений с $ML \geq 6$ за период с 1970 г. по настоящее время, информация о сейсмических станциях. Для получения вышеперечисленных данных достаточно зарегистрироваться на сайте ЕИССД (<https://sdis.emsd.ru/info/earthquakes/catalogue.php>).

К данным, доступным по запросу, относятся:

- каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов без ограничения по классу (включая вулканические землетрясения);
- бюллетень Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН, включающий времена вступлений на станциях региональной сети;
- полный каталог механизмов очагов землетрясений, рассчитанных по знакам первых вступлений;
- макросейсмический каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов;
- информация о камчатских землетрясениях по данным различных агентств;
- информация о сейсмических станциях и приборах;
- спектрально-временные характеристики сейсмического шума [Чеброва, Матвеевко, 2015].

Временные ряды комплексных геофизических, геохимических и метеорологических наблюдений

Данные «несейсмологических» видов наблюдений в форме временных рядов традиционно используются для поиска и изучения предвестников землетрясений. При этом измеряемые в наземных условиях параметры полей Земли подвержены влиянию природных и антропогенных воздействий. В первую очередь, к такому воздействию на измеряемые параметры относится изменчивость метеорологических и гидрогеологических условий в пунктах наблюдений с периодичностями от суток до месяцев и лет.

Единая информационная система сейсмологических данных
КФ ФИЦ ЕГС РАН

Войти
Регистрация

Интерактивная карта землетрясений

Ощутили землетрясение?
Жмите сюда

Каталоги землетрясений

Сейсмические станции

База метаданных "Информационные ресурсы Камчатского филиала"

Информационные ресурсы Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН

N[id]	"Название" / Ответственный	Регистрация	Тип ресурса / статус	Объем записей (МБ)
33 [85]	"ЕИССД: Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов"	не зарегистрирован	Электронный каталог / Пополняемый	493828 / 1

[id:85] ЕИССД: Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов (б)

[список , источник данных]

Название	ЕИССД: Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов	Подразделение	Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН (КФ ФИЦ ЕГС РАН)																														
Тип ресурса	Электронный каталог	Регистрация	не зарегистрирован																														
Ответственный	Лаборатория сводной обработки КФ ФИЦ ЕГС РАН, Матвеевко Евгений Александрович, 8 (4512) 431874, iso@emsd.ru	Акты внедрения																															
Режим доступа	открытый доступ	Администратор (ресурса)	Лаборатория сводной обработки КФ ФИЦ ЕГС РАН, Матвеевко Евгений Александрович, 8 (4512) 431874, iso@emsd.ru																														
Параметры доступа	http://sdis.emsd.ru/info/earthquakes/catalogue.php	Статус	Пополняемый																														
Источник данных	Результаты обработки данных инструментальных наблюдений, полученные в лабораториях исследования сейсмической и вулканической активности (ЛИСВА) и сводной обработки (ЛСО) КФ ФИЦ ЕГС РАН	Периодичность обновления	по мере поступления данных																														
Ключевые слова	сейсмология; полуостров Камчатка; Командорские острова; Курильские острова; Северо-Западная окраина Тихого океана; каталог землетрясений; основные параметры землетрясений;	Период данных	Ресурс содержит данные за период с 1962 г. по наст.вр.																														
Краткое содержание	Каталог содержит основные параметры и разнообразные энергетические характеристики землетрясений, зарегистрированных камчатской региональной сетью сейсмических станций начиная с 1962 г.	Среда разработки	PostgreSQL																														
Описание	Каталог формируется на основе результатов обработки данных инструментальных наблюдений, полученных в лабораториях исследования сейсмической и вулканической активности, лаборатории сводной обработки и службы срочных донесений Камчатского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геофизической службы РАН. В базе данных содержатся основные параметры землетрясений, зафиксированных камчатской региональной сетью сейсмических станций в период с 1962 г. по настоящее время. Основные параметры землетрясений включают: дату события; время в очаге (часы, минуты, секунды); координаты (географическая северная широта в градусах, географическая восточная долгота в градусах); глубину (в километрах); энергетические оценки; источник данных.	Географические границы	48 0.150 5; 58 0.150 5; 58 0.157 0; 59 0.157 0; 59 0.159 0; 60 0.159 0; 60 0.161 0; 61 0.161 0; 61 0.163 0; 63 0.163 0; 63 0.174 0; 56 0.174 0; 56 0.172 0; 48 0.172 0; 48 0.150 5;																														
Объем ИР на ноябрь (01-25)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Год</th> <th>Количество записей с нарастающим итогом</th> <th>Место на носителе(mb) с нарастающим итогом</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2023</td> <td>493828</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>462605</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>440053</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>419910</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2019</td> <td>407544</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td>374079</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>358738</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td>259103</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2015</td> <td>157404</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>			Год	Количество записей с нарастающим итогом	Место на носителе(mb) с нарастающим итогом	2023	493828	1	2022	462605	1	2021	440053	1	2020	419910	1	2019	407544	1	2018	374079	1	2017	358738	1	2016	259103	1	2015	157404	1
Год	Количество записей с нарастающим итогом	Место на носителе(mb) с нарастающим итогом																															
2023	493828	1																															
2022	462605	1																															
2021	440053	1																															
2020	419910	1																															
2019	407544	1																															
2018	374079	1																															
2017	358738	1																															
2016	259103	1																															
2015	157404	1																															

Рис. 5. Веб-страница, обеспечивающая доступ к Единой информационной системе сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН (а) и к информационному ресурсу с номером id [85] «Региональный каталог Камчатки и Командорских островов» (б)

Широко используемые для поиска предвестников землетрясений вариации объёмной активности радона в почвенном воздухе (ОАР) также подвержены влиянию изменчивости метеорологических и локальных гидрогеологических условий, в первую очередь, их внутригодовых изменений или годовой сезонности [Фирстов, Макаров, 2018].

Станция комплексных наблюдений «Морозная» (рис. 4в) включает пункт наблюдений МРЗ за объёмной активностью радона в почвенном воздухе (рис. 4г) [Фирстов, Макаров, 2018]. Забор воздуха, для определения в нем объёмной активности радона, осуществляется на глубине около 1 м в режиме естественного истечения воздуха из грунта.

На этой станции также проводятся наблюдения за параметрами подземных вод в двух скважинах – в глубокой (600 м) самоизливающейся скважине М-1 [Болдина и др., 2022] и в пьезометрической скважине М-2 глубиной 50 м, в которой регистрируются изменения уровня и температуры воды первого от поверхности водоносного горизонта, приуроченного к рыхлым четвертичным отложениям. Здесь также проводятся метеорологические наблюдения за изменениями атмосферного давления и температуры воздуха. На расстоянии около 25 км от станции «Морозная» находится метеостанция «Пионерская» (рис. 4б), на которой проводятся измерения атмосферных осадков.

Таким образом, в районе пункта комплексных наблюдений «Морозная» имеется уникальная возможность анализировать вариации ОАР с учётом изменчивости метеорологических условий и состояния первого от поверхности водоносного горизонта в четвертичных отложениях.

На рис. 6 приводятся исходные и обработанные среднесуточные данные шестилетних (2017–2023 гг.) наблюдений за изменениями объёмной активности радона на станции «Морозная» в сопоставлении с метеорологическими и гидрогеологическими данными, а также с произошедшими сильными землетрясениями с магнитудами $M_w \geq 6.5$.

Из рис. 6а видно, что наиболее выраженными составляющими в изменениях всех пяти временных рядов, включая изменения концентрации радона, являются периодические колебания, соответствующие их годовой сезонности. Для оценки ежесуточных индексов годовой сезонности каждого временного ряда использовалась аддитивная модель временного ряда, включающая сезонную составляющую с периодом 365 сут. и линейный тренд [Бокс, Дженкинс, 1974].

На рис. 6б тонкими серыми линиями показаны остатки в изменениях измеряемых параметров после вычитания сезонных составляющих с периодом 365 сут. из исходных временных рядов. Применение этой процедуры позволило существенно (в несколько раз) уменьшить дисперсию исходных временных рядов. Жирными линиями на рис. 6б представлены низкочастотные компоненты в изменениях рассматриваемых временных рядов с компенсированной годовой сезонностью, полученные сглаживанием остатков в окне длиной 30 сут. с шагом 1 сут.

Наиболее эффективная компенсация сезонности наблюдается для рядов метеорологических параметров – атмосферного давления и температуры воздуха. Для этих параметров выделенные низкочастотные компоненты в изменениях остатков представляют практически прямые линии, что указывает на преимущественную роль годовой сезонности в изменениях метеопараметров.

В низкочастотных изменениях остатков уровня и температуры подземной воды на глубине 50–130 см ниже поверхности земли, прослеживается обратная корреляция – при относительном повышении уровня происходит понижение температуры воды. Такой эффект объясняется условиями регистрации гидрогеологических параметров, когда положение уровня воды в стволе скважины измеряется уровнем относительно верхней кромки оголовка скважины. Шлейф датчика температуры воды тоже жёстко зафиксирован на оголовке скважины. При повышении (понижении) уровня воды с амплитудой 10–20 см датчик температуры остаётся на одном месте относительно оголовка скважины. При этом столб воды внутри ствола скважины либо опускается, либо поднимается на такую же высоту. Датчик температуры подземной воды фиксирует её температуру, в основном, за счет её прогрева или охлаждения атмосферным воздухом. При этом, чем меньше высота столба подземной воды над датчиком температуры при относительном понижении уровня воды, тем более прогретой в летнее время или более охлаждённой в зимнее время она становится.

В изменении объёмной активности радона (верхний график на рис. 6б) выявлено её аномальное повышение в течение 1 года 9 месяцев – с середины 2018 г. по март 2020 г., которое предшествовало наиболее сильному Парамуширскому землетрясению 25 марта 2020 г. с $M_w=7.5$, произошедшему на эпицентральной расстоянии 450 км от пункта МРЗ. После этого события в течение восьми месяцев наблюдалось

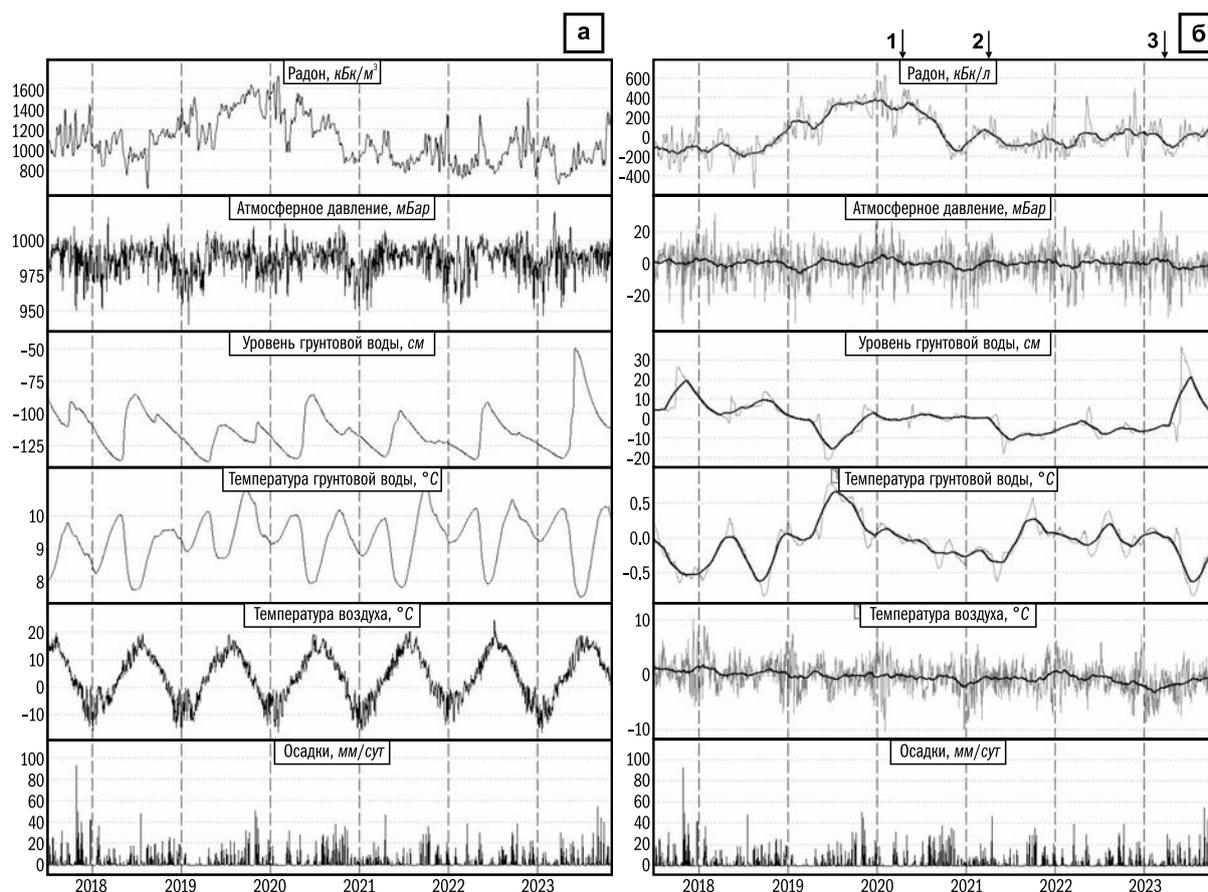


Рис. 6. Среднесуточные временные ряды комплексных наблюдений на станции «Морозная»: а – исходные данные измерений; б – временные ряды и выделенные низкочастотные компоненты (черные жирные линии), полученные вычитанием из исходных временных рядов сезонной составляющей с периодом 365 суток (серый цвет).

Стрелками и цифрами 1–3 показаны сильные землетрясения, произошедшие вблизи п-ова Камчатка: 1 – Парамуширское землетрясение 25.03.2020 г., $M_w=7.5$ [Прытков, Василенко, 2021; Чебров Д. и др., 2023]; 2 – землетрясение 16.03.2021 г., $M_w=6.6$; 3 – 4.03.2023 г., $M_w=6.5$ (величины магнитуды M_w приводятся по данным каталога USGS <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>). Пояснения см. в тексте

возвращение величин объёмной активности радона к их фоновым значениям. Другие два сильных землетрясения с величинами магнитуд $M_w=6.6$ и 6.5 , произошедшие на эпицентральных расстояниях 350 и 100 км, не сопровождались аномальными вариациями объёмной активности радона в пункте МПЗ. Отсюда можно предположить, что эффект повышения объёмной активности радона в подпочвенном воздухе пункта МПЗ представляет среднесрочный предвестник сильного землетрясения с магнитудой не менее 7.5. Следует отметить, что в монографии [Фирстов, Макаров, 2018] и в других работах этих авторов указывалось на возникновение длительных, преимущественно положительных трендов, в изменениях объёмной активности радона продолжительностью до двух и более лет, предшествующих землетрясениям с магниту-

дами 7.5 и более в северо-западной части Тихоокеанского сейсмического пояса.

Заключение

В работе представлены сведения о видах наблюдений и информационных ресурсах КФ ФИЦ ЕГС РАН, которые могут использоваться научными и образовательными организациями Российской Федерации для изучения предвестников землетрясений и извержений вулканов, разработки методов их прогнозирования и решения других научно-исследовательских задач.

Представленные в работе карты, схемы и таблицы дают целостное представление о проводимых в КФ ФИЦ ЕГС РАН комплексных сейсмологических, геофизических, геодезических, геохимических наблюдениях и наблюдениях

за активными вулканами по состоянию на 2022 год. Для более детального ознакомления с отдельными видами наблюдений можно использовать указанные в работе литературные источники, другие доступные материалы, а также персональные контакты, указанные в табл. 1.

В настоящей работе характеристика отдельных видов наблюдений, проводимых КФ ФИЦ ЕГС РАН, даётся совместно с имеющимися информационными ресурсами, созданными за многолетний период функционирования системы комплексных наблюдений на территории Петропавловск-Камчатского полигона и полуострова Камчатка. Большая часть наблюдений в КФ ФИЦ ЕГС РАН (за исключением сейсмологических и GNSS-наблюдений) имеют опытно-экспериментальный характер. Следует отметить, что такие наблюдения проводятся в течение многих лет, получаемые данные хранятся в виде различных информационных систем, баз данных, архивов и других информационных ресурсов в составе Регионального информационно-обрабатывающего центра КФ ФИЦ ЕГС РАН и доступны для их использования в научных целях. На настоящем этапе организации информационных ресурсов КФ ФИЦ ЕГС РАН, получение данных по отдельным видам наблюдений потенциальными пользователями предполагает участие ответственных лиц, указанных в табл. 1.

Наиболее разработанным видом ИР является Единая информационная система сейсмологических данных Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН. ЕИССД в целом и совокупность отдельных видов информационных ресурсов в её составе (табл. 2) представляют современный инструмент сбора и анализа сейсмологических данных для пользователей, зарегистрированных на сайте КФ ФИЦ ЕГС РАН. С использованием этой информационной системы решается широкий круг задач по производству сейсмологической информации непосредственно в КФ ФИЦ ЕГС РАН, а также она может применяться в научных исследованиях с использованием сейсмологических данных, полученных в районе п-ова Камчатка.

Полезной разработкой КФ ФИЦ ЕГС РАН является Информационная система POLYGON, в которой аккумулирована большая часть данных наблюдений за различными параметрами полей Земли за многолетний период с конца 1970-х гг. При необходимости получения данных из ИР, представленных в табл. 1 и 2, для их использования в научных исследованиях, доступ к ним можно получать через обращения к ответственным лицам, которые указаны в табл. 1,

либо при непосредственном обращении к директору КФ ФИЦ ЕГС РАН (<https://kam.emsd.ru/individual-pages/chebrov/>).

Следует отметить, что кроме КФ ФИЦ ЕГС РАН на территории п-ова Камчатка проводятся наблюдения за геофизическими параметрами Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (опытно-экспериментальные наблюдения за акустическими и электромагнитными сигналами в скважинах в районе ПКП) и Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН (ионосферные, геомагнитные и другие виды наблюдений: <http://www.ikir.ru/ru/About/>).

Благодарности: Авторы выражают благодарность всем сотрудникам КФ ФИЦ ЕГС РАН и других организаций, которые принимали участие в создании различных геофизических, геохимических и других наблюдательных пунктов, в проведении наблюдений и в сохранении данных наблюдений в различных видах информационных ресурсов.

Финансирование: Российский научный фонд, проект № 22-17-00125.

Работа выполнена с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира» (<http://www.gsras.ru/unu>), развёрнутой при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания № 075-00682-24.

Литература

Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление: Пер. с англ. / Под ред. В.Ф. Писаренко. Вып. 1. – М.: Мир, 1974. – 406 с.

Болдина С.В., Копылова Г.Н., Кобзев В.А. Исследование эффектов землетрясений в изменениях давления подземных вод: аппаратура и некоторые результаты наблюдений в скважинах полуострова Камчатка // Геодинамика и тектонофизика. – 2022. – Т. 13, № 2. – 18. – DOI: 10.5800/GT-2022-13-2-0594. – EDN: TGLRUC

Глухов В.Е., Макаров Е.О., Болдина С.В. Аппаратурно-программный комплекс сети наклономерных наблюдений за деформационными процессами на полуострове Камчатка // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 157–172. – DOI: 10.26117/2079-6641-2023-44-3-157-172. – EDN: WDRVAM

Иванов В.Ю., Касимова В.А. Создание макета ГИС-проекта «Петропавловский геодинамический полигон» для информационного обеспечения системы комплексных геофизических наблюдений // Вестник Камчатской региональной ассоциации учебно-научный

центр. Серия: Науки о Земле. — 2009. — № 1, вып. 13. — С. 208–213. — URL: <http://www.kscnet.ru/journal/kraesc/article/viewFile/534/pdf>. — EDN: KTZTDD

Копылова Г.Н., Болдина С.В. Гидрогеосейсмические вариации уровня воды в скважинах Камчатки. — Петропавловск-Камчатский: ООО «Камчатпресс», 2019. — 144 с. — EDN: CRQMYA

Копылова Г.Н., Будилова Е.А. Система ОНЧ/НЧ радиоволнового мониторинга в КФ ФИЦ ЕГС РАН // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXIV ежегодной научной конференции, посвящённой Дню вулканолога, 29–30 марта 2021 г. — Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2021. — С. 87–89. — URL: http://www.kscnet.ru/ivs/publication/volc_day/2021/art22.pdf. — EDN: OBDVEV

Копылова Г.Н., Будилова Е.А., Соловьева М.С., Коркина Г.М. Модернизация системы радиоволнового мониторинга в КФ ФИЦ ЕГС РАН // Проблемы комплексного геофизического мониторинга сейсмоактивных регионов [Электронный ресурс]: Труды Восьмой Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Петропавловск-Камчатский. 26 сентября — 2 октября 2021 г. / Отв. ред. Д.В. Чебров. — Петропавловск-Камчатский: КФ ФИЦ ЕГС РАН, 2021. — С. 406–409. — DOI: 10.35540/903258-451.2021.8.77. — EDN: JBOVZQ

Копылова Г.Н., Пантюхин Е.А., Фирстов П.П., Болдина С.В., Коркина Г.М., Чубарова Е.Г., Таранова Л.Н. Информационная система POLYGON (база данных геофизических наблюдений) / Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021622312 от 28 октября 2021 г. — EDN: XQETTF

Копылова Г.Н., Смирнов А.А., Берсенёва Н.Ю. Аппаратурно-программный комплекс электромагнитных наблюдений КФ ГС РАН на Камчатке // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Пятой научно-технической конференции / Отв. ред. В.Н. Чебров. — Обнинск: ГС РАН, 2015. — С. 221–225. — EDN: VPYAUT

Копылова Г.Н., Сугробов В.М., Хаткевич Ю.М. Особенности изменения режима источников и гидрогеологических скважин Петропавловского полигона (Камчатка) под влиянием землетрясений // Вулканология и сейсмология. — 1994. — № 2. — С. 53–70.

Левин В.Е., Магуськин М.А., Бахтиаров В.Ф., Павлов В.М., Титков Н.Н. Мультисистемный геодезический мониторинг современных движений земной коры на Камчатке и Командорских островах // Вулканология и сейсмология. — 2006. — № 3. — С. 54–67. — EDN: HTUGVV

Мороз Ю.Ф., Бахтиаров В.Ф., Воропаев В.Ф., Гаврилов В.А., Левин В.Е., Попруженко С.В. О мониторинге электротеллурического поля с целью прогноза сильных землетрясений на Камчатке // Вулканология и сейсмология. — 1995. — № 4-5. — С. 139–149.

Прытков А.С., Василенко Н.Ф. Парамуширское землетрясение 25 марта 2020 г. $M_w=7.5$ // Геосистемы переходных зон. — 2021. — Т. 5, № 2. — С. 113–127. — DOI: 10.30730/gtr.2021.5.2.113-120.121-127. — EDN: UAZZFG

Салтыков В.А., Чебров В.Н., Сеницын В.И., Кугаенко Ю.А., Касахара М. Организация наблюдений сейсмических шумов вблизи сейсмофокальной зоны Курило-Камчатской островной дуги // Вулканология и сейсмология. — 2006. — № 3. — С. 43–53. — EDN: HTUGVL

Сенюков С.Л. Мониторинг активности вулканов Камчатки дистанционными средствами наблюдений в 2000–2004 гг. // Вулканология и сейсмология. — 2006. — № 3. — С. 68–78. — EDN: HTUGWF

Фирстов П.П., Копылова Г.Н., Соломатин А.В., Серафимова Ю.К. О прогнозировании сильного землетрясения в районе полуострова Камчатка // Вестник Камчатской региональной ассоциации учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. — 2016. — № 4, вып. 32. — С. 106–114. — EDN: XDRZRT

Фирстов П.П., Макаров Е.О. Динамика подпочвенного радона на Камчатке и сильные землетрясения: монография. — Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2018. — 148 с.

Фирстов П.П., Макаров Е.О., Акбашев Р.Р. Мониторинг концентрации почвенных газов на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне в связи с прогнозом сильных землетрясений // Сейсмические приборы. — 2015. — Т. 51, № 1. — С. 60–80. — EDN: TPFCRL

Фирстов П.П., Попов О.Е., Лобачева М.А., Будилов Д.И., Акбашев Р.Р. Волновые возмущения в атмосфере, сопровождавшие извержение вулкана Райкоке (Курильские острова) 21–22 июня 2019 г. // Геосистемы переходных зон. — 2020. — Т. 4, № 1. — С. 71–81. — DOI: 10.30730/2541-8912.2020.4.1.071-081.082-092. — EDN: BSWBGQ

Хаткевич Ю.М., Рябинин Г.В. Гидрогеохимические исследования на Камчатке // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. — Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2004. — С. 96–112. — URL: https://www.emsd.ru/lib_sbstat/pdf/str096.pdf

Чебров В.Н., Бахтиарова Г.М., Дроздин Д.В., Дубровский Н.В., Кугаенко Ю.А., Левина В.И., Пантюхин Е.А., Сенюков С.Л., Сергеев В.А. Информационные ресурсы Камчатского филиала Геофизической службы РАН в Internet // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Второй региональной научно-технической конференции / Отв. ред. В.Н. Чебров. — Обнинск: ГС РАН, 2010. — С. 302–305. — EDN: VCCYXR

Чебров В.Н., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К. Прогнозирование землетрясений на Камчатке. По материалам работы Камчатского филиала Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска в 1998–2009 гг. — М.: Светоч Плюс, 2011. — 304 с. — EDN: QKKMZL

Чебров Д.В., Абубакиров И.Р., Губанова А.А., Глухов В.Е., Ландер А.В., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Салтыков В.А., Сенюков С.Л., Титков Н.Н. Парамуширское землетрясение 25 марта 2020 г., $M_w=7.4$ // Вестник Камчатской региональной ассоциации учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. — 2023. — № 2,

вып. 58. – С. 49–66. – DOI: 10.31431/1816-5524-2023-2-58-49-66. – EDN: VDUVNW

Чебров Д.В., Тихонов С.А., Дрознин Д.В., Дрознина С.Я., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Салтыков В.А., Се-нюков С.Л., Серафимова Ю.К., Сергеев В.А., Яшук В.В. Система сейсмического мониторинга и прогнозирования на Камчатке и её развитие. Основные результаты наблюдений в 2016–2020 гг. // Российский сейсмологический журнал. – 2021. – Т. 3, № 3. – С. 28–49. – DOI: 10.35540/2686-7907.2021.3.02. – EDN: RUYRWU

Чеброва А.Ю., Матвеев Е.А. Исследование вариаций сейсмического шума на станциях КФ ГС РАН в 2014 году // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Пятой научно-технической конференции / Отв. ред. В.Н. Чебров. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 111–116. – EDN: VPYAAJ

Чеброва А.Ю., Чемарев А.С., Матвеев Е.А., Чебров Д.В. Единая информационная система сейсмологических данных в Камчатском филиале ФИЦ ЕГС РАН: принципы организации, основные элементы, ключевые функции // Геофизические исследования. – 2020. – Т. 21, № 3. – С. 66–91. – DOI: 10.21455/gr2020.3-5. – EDN: QQHRZU

Чемарев А.С., Матвеев Е.А., Фараонов А.А. Единая информационная система сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН в 2021 г. // Проблемы комплексного геофизического мониторинга сейсмоактивных регионов [Электронный ресурс] : Труды Восьмой Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Петропавловск-Камчатский. 26 сентября – 2 октября 2021 г. / Отв. ред. Д.В. Чебров. – Петропавловск-Камчатский: КФ ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – С. 424–427. – DOI: 10.35540/903258-451.2021.8.81. – EDN: UBVRHE

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

Akbashev R.R., Firstov P.P., Budilov D.I., Zavodevkin I.A. Monitoring the potential gradient of the electric field the atmosphere on the Kamchatka Peninsula and on the Paramushir Island (Kuril Islands) // AIP Conference Proceedings. – 2022. – V. 2467. – 080013. – DOI: 10.1063/5.0092738

Chebrov V.N., Droznin D.V., Kugaenko Y.A., Levina V.I., Senyukov S.L., Sergeev V.A., Shevchenko Y.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

Droznin D.V., Droznina S.Y. Interactive DIMAS program for processing seismic signals // Seismic Instruments. – 2011. – V. 47, Is. 3. – P. 215–224. – DOI: 10.3103/S0747923911030054

Kopylova G.N., Boldina S.V., Smirnov A.A., Chubarova E.G. Experience in registration of variations caused by strong earthquakes in the level and physicochemical parameters of ground waters in the piezometric wells: the case of Kamchatka // Seismic Instruments. – 2017. – V. 53, Is. 4. – P. 286–295. – DOI: 10.3103/S0747923917040065

Kopylova G.N., Ivanov V.Yu., Kasimova V.A. The implementation of information system elements for interpreting integrated geophysical observations in Kamchatka // Russian Journal of Earth Sciences. – 2009. – V. 11. – ES1006. – DOI: 10.2205/2009ES000329

Levin V.E., Bakhtiarov V.F., Titkov N.N., Serovetnikov S.S., Magus'kin M.A., Lander A.V. Contemporary crustal movements (CCMS) in Kamchatka // Izvestiya. Physics of the Solid Earth. – 2014. – V. 50, N 6. – P. 732–751. – DOI: 10.1134/S1069351314060044. – EDN: UFXDBR

Makhmudov E.R., Firstov P.P., Budilov D.I. KamIn information system for monitoring wave perturbations in the atmosphere on the Kamchatka Peninsula // Seismic Instruments. – 2017. – V. 53, Is. 1. – P. 60–69. – DOI: 10.3103/S0747923917010066

Saltykov V.A. On the possibility of using the tidal modulation of seismic waves for forecasting earthquakes // Izvestiya. Physics of the Solid Earth. – 2017. – V. 53, N 2. – P. 250–261. – DOI: 10.1134/S1069351317010128. – EDN: YVDODT

Senyukov S.L., Droznina S.Ya., Nuzhdina I.N., Garbuzova V.T., Kozhevnikova T.Yu. Studies in the activity of Klyuchevskoi volcano by remote sensing techniques between January 1, 2001 and July 31, 2005 // Journal of Volcanology and Seismology. – 2009. – V. 3, N 3. – P. 191–199. – DOI: 10.1134/S0742046309030051. – EDN: LLZBBZ

Сведения об авторах

Чебров Данила Викторович, канд. физ.-мат. наук, директор 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: danila@emsd.ru

Копылова Галина Николаевна, д-р геол.-мин. наук, гл. науч. сотр. КФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия. E-mail: gala@emsd.ru

Касимова Виктория Александровна, мл. науч. сотр. КФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия. E-mail: vika@emsd.ru

Макаров Евгений Олегович, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. КФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия. E-mail: ice@emsd.ru

Integrated geophysical observations and information resources of the Kamchatka Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (Kamchatka Peninsula)

© 2024 D.V. Chebrov, G.N. Kopylova, V.A. Kasimova, E.O. Makarov

KB GS RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

Received April 2, 2024

Abstract The article presents data on the types of observations and information resources of the Kamchatka Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (as of 2022), which can be used by scientific and educational organizations of the Russian Federation for studying precursors and developing methods for predicting earthquakes and volcanic eruptions, solving a wide range of research tasks in the field of geophysical monitoring of seismically active areas and others. Information resources and observation data are illustrated on the example of the Unified Information System of Seismological Data of the KB GS RAS and time series data of meteorological, hydrogeological observations and observations of volumetric radon activity in the soil gas at the Moroznaya station.

Keywords Integrated geophysical and geochemical monitoring, information resources, earthquakes, precursors of earthquakes and volcanic eruptions, Kamchatka Peninsula.

For citation Chebrov, D.V., Kopylova, G.N., Kasimova, V.A., Makarov, E.O. (2024). [Integrated geophysical observations and information resources of the Kamchatka Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (Kamchatka Peninsula)]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 6(2), 7-26. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2024.2.01>. EDN: IRMSEH

References

- Akbashev, R.R., Firstov, P.P., Budilov, D.I., & Zavodevkin, I.A. (2022). Monitoring the potential gradient of the electric field the atmosphere on the Kamchatka Peninsula and on the Paramushir Island (Kuril Islands). *AIP Conference Proceedings*, 2467, 080013. DOI: [10.1063/5.0092738](https://doi.org/10.1063/5.0092738)
- Boldina, S.V., Kopylova, G.N., & Kobzev, V.A. (2022). Study of seismic effects on changes in groundwater pressure: equipment and some well observation results for the Kamchatka peninsula. *Geodynamics & Tectonophysics*, 13(2), 0594. DOI: [10.5800/GT-2022-13-2-0594](https://doi.org/10.5800/GT-2022-13-2-0594)
- Box, G.E.P., & Jenkins, G.M. (1970). *Time series analysis; forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day Publ., 553 p.
- Chebrov, D.V., Abubakirov, I.R., Gubanova, A.A., Glukhov, V.E., Lander, A.V., Matveenko, E.A., Mityushkina, S.V., Pavlov, V.M., Saltykov, V.A., Senyukov, S.L., & Titkov, N.N. (2023). [Paramushir earthquake on March 25, 2020, $M_w=7.4$]. *Vestnik Kamchatskoi regional'noi assotsiatsii uchebno-nauchnyi tsentr. Seriya: Nauki o Zemle* [Bulletin of Kamchatka Regional Association «Educational-Scientific Center». Earth Sciences], 2(58), 49-66. (In Russ.). DOI: [10.31431/1816-5524-2023-2-58-49-66](https://doi.org/10.31431/1816-5524-2023-2-58-49-66). EDN: VDUVNW
- Chebrov, D.V., Tikhonov, S.A., Droznin, D.V., Droznina, S.Ya., Matveenko, E.A., Mityushkina, S.V., Saltykov, V.A., Senyukov, S.L., Serafimova, Yu.K., Sergeev, V.A., & Yashchuk, V.V. (2021). [Kamchatka seismic monitoring and Earthquake prediction system and its evolution. Main results of observations in 2016-2020]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 3(3), 28-49. (In Russ.). DOI: [10.35540/2686-7907.2021.3.02](https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.3.02). EDN: RUYRWU
- Chebrov, V.N., Bahtiarova, G.M., Droznin, D.V., Dubrovsky, N.V., Kugaenko, Yu.A., Levina, V.I., Pantyuhin, E.A., Senyukov, S.L., & Sergeev, V.A. (2010). [Information resources of the Kamchatka branch of the Geophysical Survey RAS in Internet]. In *Problemi kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dalnego Vostoka Rossii. Trudy Vtoroy regional'noy nauchno-tehnicheskoy konferentsii (Otv. red. V.N. Chebrov)* [Problems of complex geophysical monitoring of Far East of Russia. Proceedings of the Second Scientific and Technical Conference. Ed. V.N. Chebrov] (pp. 302-305). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: VCCYXR
- Chebrov, V.N., Droznin, D.V., Kugaenko, Y.A., Levina, V.I., Senyukov, S.L., Sergeev, V.A., Shevchenko, Y.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., Saltykov, V.A., & Serafimova, Yu.K. (2011). *Prognozirovanie zemletriasenii na Kamchatke. Po materialam*

- raboty Kamchatskogo filiala Rossiiskogo ekspertnogo soveta po prognozu zemletriasenii, otsenke seismicheskoi opasnosti i riska v 1998-2009 gg.* [Earthquake prediction in Kamchatka. Based on the materials of the Kamchatka branch of the Russian Expert Council on earthquake prediction, seismic hazard and risk assessment in 1998-2009]. Moscow, Russia: Svetoch Plus Publ., 304 p. (In Russ.). EDN: QKKMZL
- Chebrova, A., Chemarev, A., Matveenko, E., & Chebrov, D. (2020). [Seismological data information system in Kamchatka Branch of GS RAS: organization principles, main elements and key functions]. *Geofizicheskie issledovaniia* [Geophysical Research], 21(3), 66-91. (In Russ.). DOI: 10.21455/gr2020.3-5. EDN: QQHRZU
- Chebrova, A.Yu., & Matveenko, E.A. (2015). [Study of seismic noise variations at the stations of Kamchatka Branch of GS RAS in 2014]. In *Problemi kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dalnego Vostoka Rossii. Trudy Piatoi nauchno-tehnicheskoy konferentsii (Otv. red. V.N. Chebrov)* [Problems of complex geophysical monitoring of Far East of Russia. Proceedings of the Fifth Scientific and Technical Conference. Ed. V.N. Chebrov] (pp. 111-116). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: VPYAAJ
- Chemarev, A.S., Matveenko, E.A., & Faraonov, A.A. (2021). [Unified information system of seismological data of the KB GS RAS in 2021]. In *Problemi kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dalnego Vostoka Rossii. Trudy Vos'moi nauchno-tehnicheskoy konferentsii (Otv. red. D.V. Chebrov)* [Problems of complex geophysical monitoring of Far East of Russia. Proceedings of the Eighth Scientific and Technical Conference. Ed. D.V. Chebrov] (pp. 424-427). Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: KB GS RAS Publ. (In Russ.). DOI: 10.35540/903258-451.2021.8.81. EDN: UBRHE
- Droznin, D.V., & Droznina, S.Y. (2011). Interactive DIMAS program for processing seismic signals. *Seismic Instruments*, 47(3), 215-224. DOI: 10.3103/S0747923911030054
- Firstov, P., Makarov, E., & Akbashev, R. (2015). [Monitoring of the concentration of soil gases on Petropavlovsk-Kamchatsky geodynamical test site in relation with the forecast of strong earthquakes]. *Seismicheskie pribory* [Seismic Instruments], 51(1), 60-80. (In Russ.). EDN: TPFCL
- Firstov, P.P., & Makarov, E.O. (2018). *Dinamika podpochvennogo radona na Kamchatke i sil'nye zemletriaseniia* [Dynamics of subsoil radon on Kamchatka and strong earthquakes]. Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: Kamchatka State University named after Vitus Bering Publ., 148 p. (In Russ.).
- Firstov, P.P., Kopylova, G.N., Solomatina, A.Yu., & Serafimova, Yu.K. (2016). [Strong earthquake forecast near the Kamchatka peninsula]. *Vestnik Kamchatskoi regional'noi assotsiatsii uchebno-nauchnyi tsentr. Seriya: Nauki o Zemle* [Bulletin of Kamchatka Regional Association «Educational-Scientific Center». Earth Sciences], 4(32), 106-114. (In Russ.). EDN: XDRZRT
- Firstov, P.P., Popov, O.E., Lobacheva, M.A., Budilov, D.I., & Akbashev, R.R. (2020). Wave perturbations in the atmosphere accompanying the eruption of the Raykoke volcano (Kuril Islands) 21–22 June, 2019. *Geosystems of Transition Zones*, 4(1), 82-92. DOI: 10.30730/2541-8912.2020.4.1.071-081.082-092
- Glukhov, V.E., Makarov, E.O., & Boldina, S.V. (2023). [Hardware and software complex of the tilt-measuring observations network of deformation processes on the Kamchatka peninsula]. *Vestnik KRAUNTs. Fiziko-matematicheskie nauki* [Bulletin KRASEC. Physical and Mathematical Sciences], 44(3), 157-172. (In Russ.). DOI: 10.26117/2079-6641-2023-44-3-157-172. EDN: WDRVAM
- Ivanov, V.Yu., & Kasimova, V.A. (2009). [Creation of the layout of GIS project «Petropavlovsk geodynamical polygon» for a information supply with system for complex geophysical observations]. *Vestnik Kamchatskoi regional'noi assotsiatsii uchebno-nauchnyi tsentr. Seriya: Nauki o Zemle* [Bulletin of Kamchatka Regional Association «Educational-Scientific Center». Earth Sciences], 1(13), 208-213. (In Russ.). Available at: <http://www.kscnet.ru/journal/kraesc/article/viewFile/534/pdf>. EDN: KTZTDD
- Khatkevich, Yu.M., & Ryabinin, G.V. (2004). [Hydrogeochemical studies in Kamchatka]. In *Kompleksnye seismologicheskie i geofizicheskie issledovaniia Kamchatki* [Comprehensive seismological and geophysical surveys of Kamchatka] (pp. 96-112). Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: Kamchatskii pechatnyi dvor. (In Russ.). Available at: https://www.emsd.ru/lib_sbstat/pdf/str096.pdf
- Kopylova, G.N., & Boldina, S.V. (2019). *Gidroseismicheskie variatsii urovnia vody v skvazhinakh Kamchatki* [Hydrogeoseismic variations of the water level in the wells of Kamchatka]. Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: Kamchatpress, 144 p. (In Russ.). EDN: CRQMYA
- Kopylova, G.N., & Budilova, E.A. (2021). [UHF/LF radio wave monitoring system in the KB GS RAS]. In *Vulkanizm i svyazannye s nim protsessy. Materialy XXIV ezhegodnoi nauchnoi konferentsii, posviashchennoi Dniu vulkanologa, 29-30 marta 2021 g.* [Volcanism and related processes. Proceedings of the XXIV annual scientific conference dedicated to the Day of Volcanologist, March 29-30, 2021] (pp. 87-89). Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: IVS FEB RAS. (In Russ.). Available at: http://www.kscnet.ru/ivs/publication/volc_day/2021/art22.pdf. EDN: OBDVEW
- Kopylova, G.N., Budilova, E.A., Solovieva, M.S., & Korkina, G.M. (2021). [Modernization of the radio wave monitoring system in the KB GS RAS]. In *Problemi kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dalnego Vostoka Rossii. Trudy Vos'moi nauchno-tehnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (Otv. red. V.N. Chebrov)* [Problems of complex geophysical monitoring of Far East of Russia. Proceedings of the Eighth Scientific and Technical Conference. Ed. V.N. Chebrov] (pp. 405-409). Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: KB GS RAS Publ. (In Russ.). DOI: 10.35540/903258-451.2021.8.77. EDN: JBOVZQ
- Kopylova, G.N., Ivanov, V.Yu., & Kasimova, V.A. (2009). The implementation of information system elements for interpreting integrated geophysical observations in Kamchatka. *Russian Journal of Earth Sciences*, 11, ES1006. DOI: 10.2205/2009ES000329

- Kopylova, G.N., Pantyukhin, Ye.A., Firstov, P.P., Boldina, S.V., Korkina, G.M., Chubarova, Ye.G., & Taranova, L.N. (2021). [POLYGON Information System (database of geophysical observations)]. Certificate of state registration of database No. 2021622312. (In Russ.).
- Kopylova, G.N., Sugrobov, V.M., & Khatkevich, Yu.M. (1994). [Changes of regime of springs and hydrogeological holes of the Petropavlovsk test site (Kamchatka) under earthquake influence]. *Vulkanologiya i seismologiya* [Volcanology and Seismology], 2, 53-70. (In Russ.).
- Kopylova, G.N., Boldina, S.V., Smirnov, A.A., & Chubarova, E.G. (2017). Experience in registration of variations caused by strong earthquakes in the level and physicochemical parameters of ground waters in the piezometric wells: the case of Kamchatka. *Seismic Instruments*, 53(4), 286-295. DOI: 10.3103/S0747923917040065
- Kopylova, G.N., Smirnov, A.A., & Berseneva, N.Yu. (2015). [Hardware and software complex of electromagnetic observations of the KF GS RAS in Kamchatka]. In *Problemy kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dal'nego Vostoka Rossii. Trudy Piatoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. Otv. red. V.N. Chebrov* [Problems of complex geophysical monitoring of the Russian Far East. Proceedings of the Fifth Scientific and Technical Conference. Ed. V.N. Chebrov] (pp. 221-225). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). Available at: http://emsd.ru/static/library/2015_conf/book.pdf
- Levin, V.E., Maguskin, M.A., Barhtiarov, V.F., Pavlov, V.M., & Titkov, N.N. (2006). [Multisystem Geodetic Monitoring of Recent Crustal Movements in Kamchatka and the Commander Islands]. *Vulkanologiya i seismologiya* [Volcanology and Seismology], 3, 54-67. (In Russ.). EDN: HTUGVV
- Levin, V.E., Bakhtiarov, V.F., Titkov, N.N., Serovetnikov, S.S., Magus'kin, M.A., & Lander, A.V. (2014). Contemporary crustal movements (CCMS) in Kamchatka. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 50(6), 732-751. DOI: 10.1134/S1069351314060044. EDN: UFXDBR
- Makhmudov, E.R., Firstov, P.P., & Budilov, D.I. (2017). KamIn information system for monitoring wave perturbations in the atmosphere on the Kamchatka Peninsula. *Seismic Instruments*, 53(1), 60-69. DOI: 10.3103/S0747923917010066
- Moroz, Yu.F., Bakhtiarov, V.F., Voropaev, V.F., Gavrilov, V.A., Levin, V.E., & Popruzhenko, S.V. (1995). [On monitoring the electrotelluric field in order to predict strong earthquakes in Kamchatka]. *Vulkanologiya i seismologiya* [Volcanology and Seismology], 4-5, 139-149. (In Russ.).
- Prytkov, A.S., & Vasilenko, N.F. (2021). The March 25, 2020 $M_w=7.5$ Paramushir earthquake. *Geosistemy perekhodnykh zon* [Geosystems of Transition Zones], 5(2), 113-127. (In Russ. & Engl.). DOI: 10.30730/grtz.2021.5.2.113-120.121-127. EDN: UAZZFG
- Saltykov, V.A., Chebrov, V.N., Sinitsyn, V.I., Kugaenko, Yu.A., & Kasakhara, M. (2006). [Organization of seismic noise observations near the seismofocal zone of the Kuril-Kamchatka Island arc]. *Vulkanologiya i seismologiya* [Volcanology and Seismology], 3, 43-53 (In Russ.). EDN: HTUGVL
- Saltykov, V.A. (2017). On the possibility of using the tidal modulation of seismic waves for forecasting earthquakes. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 53(2), 250-261. DOI: 10.1134/S1069351317010128. EDN: YVDODT
- Senyukov, S.L. (2006). [Monitoring the activity of Kamchatka volcanoes by remote sensing techniques in 2000-2004]. *Vulkanologiya i seismologiya* [Volcanology and Seismology], 3, 68-78. (In Russ.). EDN: HTUGWF
- Senyukov, S.L., Droznina, S.Ya., Nuzhdina, I.N., Garbuzova, V.T., & Kozhevnikova, T.Yu. (2009). Studies in the activity of Klyuchevskoi volcano by remote sensing techniques between January 1, 2001 and July 31, 2005. *Journal of Volcanology and Seismology*, 3(3), 191-199. DOI: 10.1134/S0742046309030051. EDN: LLZBBZ
- 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: 10.35540/2686-7907.2022.3.04. EDN: JTEYYR

Information about authors

Chebrev Danila Victorovich, PhD, Director of the Kamchatka Branch of the Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences (KB GS RAS), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia. E-mail: danila@emsd.ru

Kopylova Galina Nikolaevna, Dr., Chief Researcher, Head of Laboratory of the KB GS RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia. E-mail: gala@emsd.ru

Kasimova Victoria Alexandrovna, Researcher of the KB GS RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia. E-mail: vika@emsd.ru

Makarov Evgeny Olegovich, PhD, Senior Researcher of the KB GS RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia. E-mail: ice@emsd.ru