

УДК 550.348. (100)

## Служба срочных донесений ФИЦ ЕГС РАН

© 2019 г. М.В. Коломиец, Л.Г. Дуленцова, М.И. Рыжикова

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия

**Аннотация.** Представлен анализ работы Службы срочных донесений ФИЦ ЕГС РАН в I полугодии 2019 года. Описаны входные потоки информации, используемой для обработки землетрясений. Дано описание сводной обработки землетрясений, проходящей в три этапа, обмена данными ССД с международными сейсмологическими центрами. Проанализированы результаты оперативной обработки 2534 землетрясений мира в I полугодии 2019 года. Представлен обзор сейсмичности по данным ССД территории России и Мира за этот период.

**Ключевые слова:** землетрясение, сейсмическая станция, волновые формы, магнитуда, гипоцентр.

**Для цитирования:** 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: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2019.1.08>

### Введение

В г. Обнинске Служба срочных донесений (ССД) о сильных и ощутимых землетрясениях России, СНГ и Мира функционирует с 1975 г. [Маловичко и др., 2011]. Задача Службы срочных донесений, прежде всего, состоит в том, чтобы обеспечить правительственные организации страны и другие заинтересованные учреждения информацией об основных параметрах произошедших землетрясений (время возникновения, координаты эпицентра, глубина очага, ощутимость в баллах, разрушительные последствия) для принятия, в случае необходимости, срочных мер по оказанию помощи пострадавшим районам, спасению жизни людей, ликвидации последствий стихийного бедствия, а также организации работ по изучению сильных землетрясений. Создание в мае 1994 г. по инициативе вице-президента РАН академика Н.П. Лаверова Геофизической службы Российской академии наук (ГС РАН), объединившей в своём составе опытно-методические сейсмологические экспедиции и партии на всей территории Российской Федерации, от Камчатки и Сахалина на Дальнем Востоке до Кольского полуострова на северо-западе и Северного Кавказа на юге Европейской части РФ, дало толчок к дальнейшему развитию ССД. С 1997 г. методика обработки ССД дополняется приёмом и обработкой в режиме, близком к реальному времени (NearRealTimeSystem – NRTS), трёх цифровых станций IRIS (OBN, KIV, ARU). В 2009 г. число станций достигло

85, что позволило организовать автоматическую отправку предварительного срочного донесения (Alarm) с результатом автоматического определения параметров гипоцентра.

### Производство службы срочных донесений

В Службе срочных донесений в I полугодии 2019 г. использовались следующие входные потоки информации (рис. 1, 2):

– волновые формы с 86 цифровых станций в режиме, близком к реальному времени (NRTS) (на рис. 2 изображены красными и жёлтыми треугольниками), собираемые в дисковые петли на основном сервере ССД SSD-SERV с помощью программы WSG\_WrtDI с NRTS-серверов;

– фрагменты волновых форм с 32 станций России, скачиваемые по запросу программой WaveTap\_Qt v1.5.0.26 (протокол ISI, XFER, SEEDLINK), для конкретного землетрясения. Обработка записей волновых форм проводилась с помощью программы WSG [Красилов и др., 2006];

– времена вступлений основных сейсмических волн (arrival), поступавшие в базу данных ORACLE в режиме NRTS через Интернет с 44 станций из международных и региональных центров (на рис. 2 изображены зелёными треугольниками): 1 – IDC СТВТО [Comprehensive ...], 2 – KNDC, Казахского национального центра данных [Kazakhstan ...], 3 – телеметрическая сеть цифровых сейсмических станций IRIS-IDA [IRIS-IDA];

– сводки в коде MCK-85 и IMS с 23 телесеизмических станций и 73 региональных станций

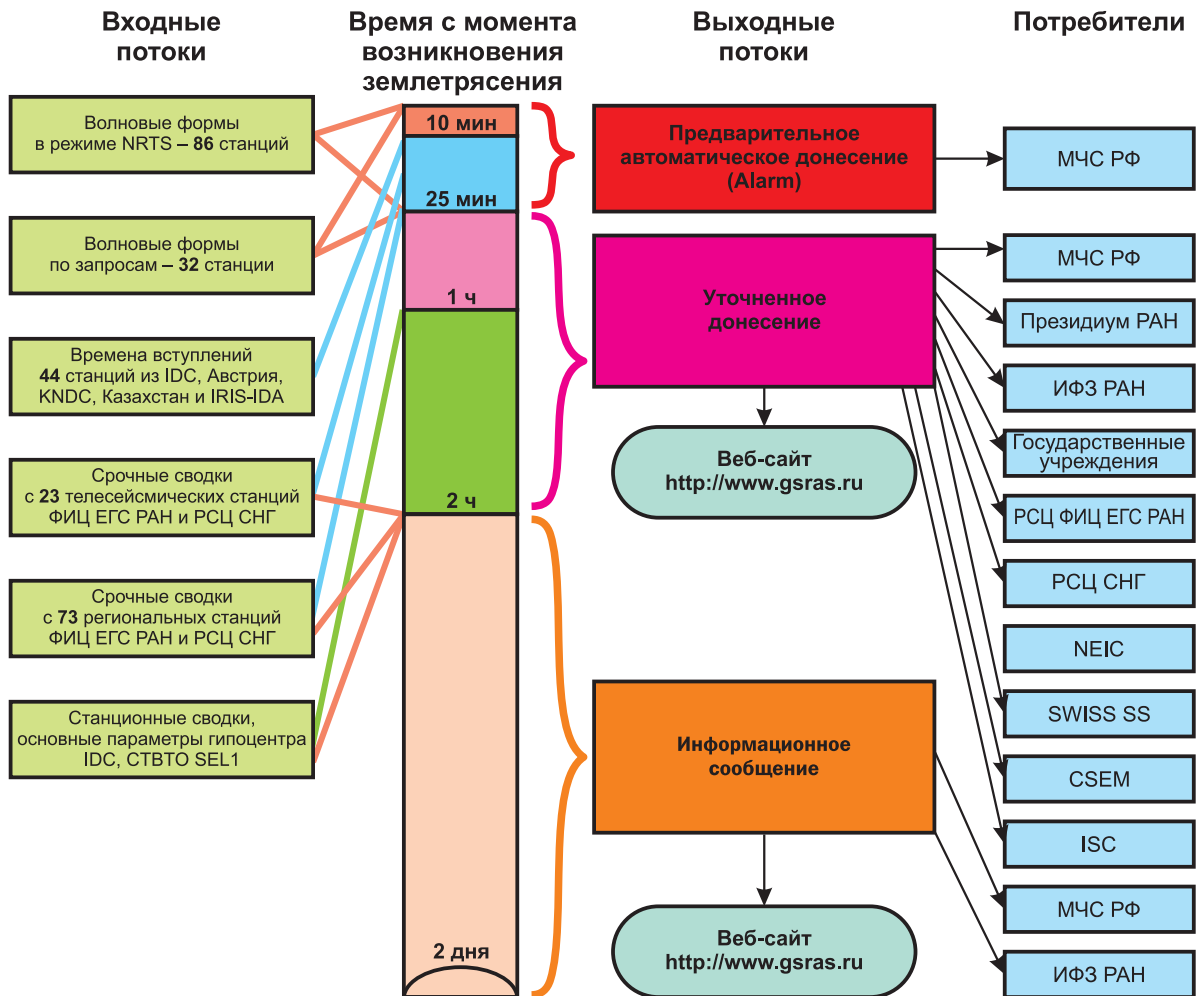


Рис. 1. Потоки информации в ССД ФИЦ ЕГС РАН в I полугодии 2019 г.

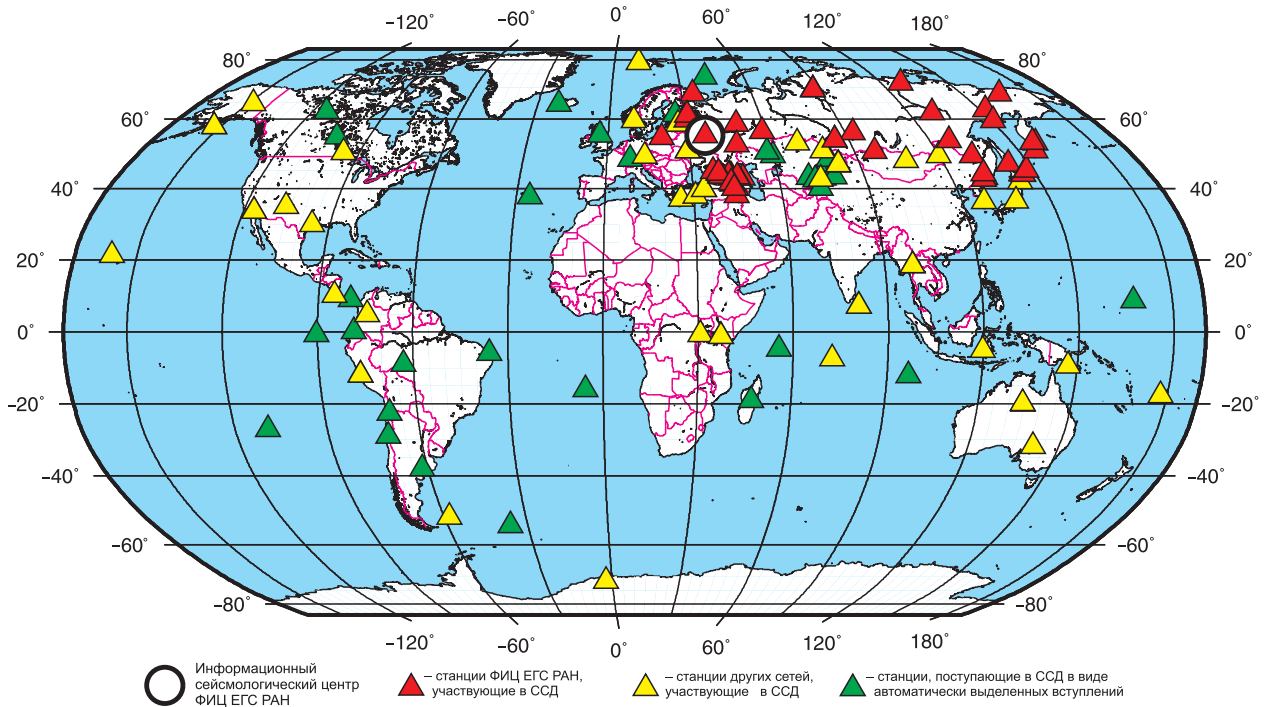


Рис. 2. Станции, участвовавшие в работе ССД ФИЦ ЕГС РАН в I полугодии 2019 г. в режиме, близком к реальному времени

России и СНГ. Все сводки редактировались в соответствии с требованиями кода МСК-85 и записывались в базу данных ORACLE. Сводки в формате IMS записывались в формате \*.arrival для сводной обработки в программном комплексе WSG [Красилов и др., 2006].

По подписке поступали данные бюллетеня IDC СТВТО (SEL1), который представляет собой создаваемые на основе автоматического программного выделения вступления основных сейсмических волн, позволяющие дополнить данные национальной сейсмической сети для повышения точности определения основных параметров очагов землетрясений. Данные бюллетеня SEL1 использовались для локации слабых землетрясений с  $M < 4.5$  и уточнения параметров гипоцентров.

В работе ССД в 2019 г. использовались данные 258 сейсмических станций из 42 стран. Всего за первую половину 2019 г. при локации событий использовались 66659 станционных вступлений по всем землетрясениям ( $N=2534$ ), в том числе 948 — по сильным землетрясениям с  $M \geq 6.5$  ( $N=18$ ).

Волновые формы сейсмических станций, поступающие в режиме, близком к реальному времени (NRTS), подвергались анализу на наличие вступлений по алгоритму LTA/STA с помощью программы AUZ, результаты работы которой записывались в базу данных (БД) WSG (MS SQL) основного сервера SSD-SERV. При наличии амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) канала для станции проводился автоматический замер амплитуды и периода для выделенного момента вступления, которые также записывались в БД. Выделенные вступления, а также arrival-вступления, поступившие из международных центров, использовались для получения первого предварительного расчёта параметров гипоцентра в ССД, который проводился автоматически программой AssocW (автор А.П. Акимов) [Акимов, 2009], также работающей на основном сервере. Данная программа перебирает все возможные комбинации неассоциированных фаз вступлений для нахождения возможного гипоцентра. Если при некотором наборе вступлений находится решение со станционными невязками менее 1.5–2 с, то оно сохраняется в БД WSG (MS SQL) и CSS v3.0 (ORACLE) и используется далее как первое приближение для оценки гипоцентра по программе WSG [Красилов и др., 2006]. Магнитуда по объёмной волне рассчитывается автоматически по всем станциям, где есть замеры амплитуды и периода, и усредняется. Далее обработка проводится по методике, описанной ранее в [Результаты ..., 2010].

В процессе работы продолжалась введённая с 2009 г. автоматическая отправка срочного донесения ССД (Alarm) (автор С.А. Красилов) с результатом предварительного автоматического определения параметров эпицентра программой AssocW [Красилов и др., 2012]. Заданные параметры для автоматической отправки оставались прежними, а именно: для землетрясений Мира с  $M \geq 6$ , для землетрясений Северной Евразии с  $M \geq 5$  при условии, что число станций в счёте  $N \geq 10$ , до июня 2014 г., когда после предварительного тестирования удалось снизить магнитудный уровень для землетрясений Мира до  $M \geq 5.5$ . Автоматическое донесение отправлялось в МЧС и заинтересованные организации, а также в международные сейсмологические центры CSEM и SWISS.

### Анализ данных, обработанных в службе срочных донесений

На рис. 3 представлен сравнительный график уменьшения времени передачи донесений в ССД с одновременным увеличением числа станций по годам. Из графика видно, что с 2009 г. число станций, данные которых обрабатываются в режиме, близком к реальному времени, в процессе глобального и федерального мониторинга, увеличилось с 85 до 130 (станций России, соответственно, с 19 до 46), среднее время передачи первого предварительного донесения (Alarm) уменьшилось с 27 до 17 мин в 2018 году.

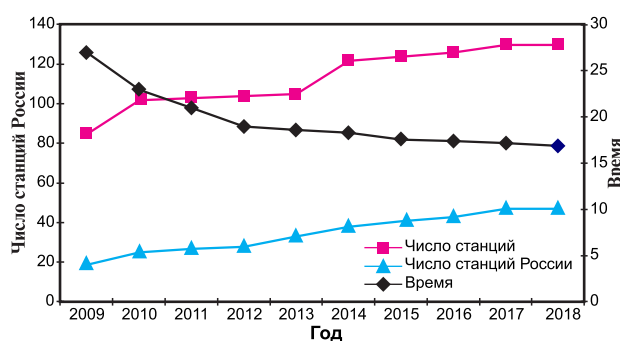


Рис. 3. Сравнительный график уменьшения времени передачи донесений в ССД и увеличения числа станций по годам

В I полугодии 2019 г. предварительное донесение ССД (Alarm) было передано:

- о 76 землетрясениях Мира ( $M \geq 6$ ) — среднее время отправки 16.3 мин;
- о 41 землетрясении РФ и сопредельных территорий ( $M \geq 5$ ) — среднее время отправки 12.4 мин.

Всего предварительное донесение отправлено по 247 землетрясениям, среднее время отправки составило 16.3 мин.

Уточнённые результаты обработки землетрясений, выполненные Службой срочных донесений, включающие макросейсмические данные, согласно регламенту, передавались по телефону и электронной почте в четырёх форматах в 60 адресов.

Большая часть землетрясений (67%) была обработана в ССД не позднее двух часов с момента их возникновения. При расчёте гипоцентров слабых ( $M \leq 4.5$ ) землетрясений и афтершоков использовался бюллетень IDC СТВТО (SEL1) [Comprehensive ...], который поступал в ФИЦ ЕГС РАН через час после возникновения землетрясения.

Результаты обработки ССД использовались международными сейсмологическими центрами и организациями, занимающимися прогнозом землетрясений [Маловичко и др., 2018].

На рис. 4 показано распределение землетрясений ССД в I полугодии 2019 г. по числу станций, участвовавших в расчёте гипоцентра.

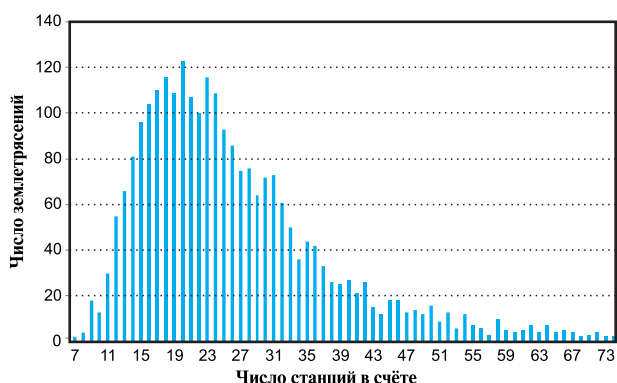


Рис. 4. Распределение землетрясений ССД в I полугодии 2019 г. по числу станций, участвовавших в расчёте гипоцентра

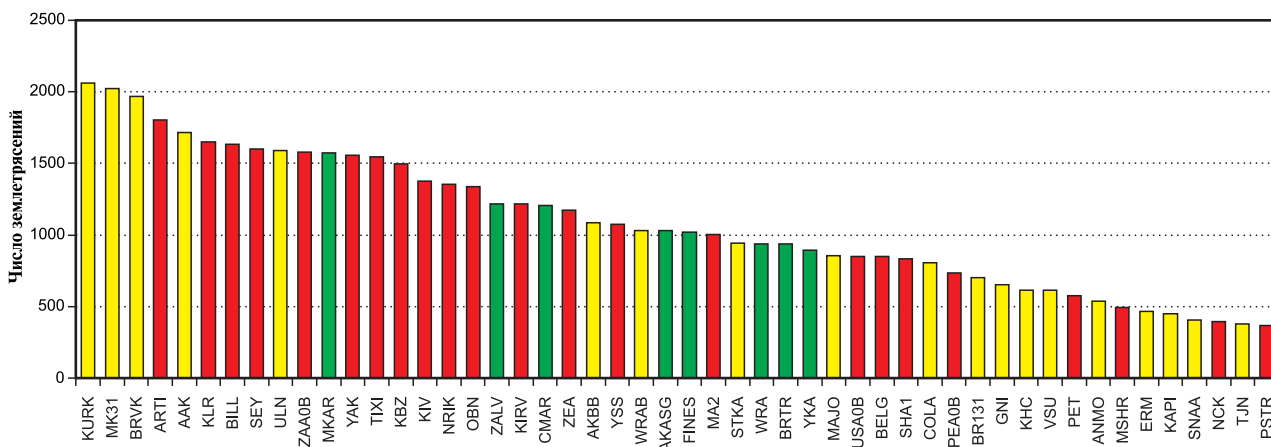


Рис. 5. Наиболее часто используемые станции в ССД в I полугодии 2019 г. (разбивка по цветам соответственно рис. 2)

На рис. 5 показано участие 50 станций, наиболее часто используемых в ССД в 2019 году. Следует отметить станции KURK, MK31 и BRVK, участие которых в ССД максимально.

Составлены и размещены на Web-странице ФИЦ ЕГС РАН [Информационные сообщения] девять Информационных сообщений, из них четыре — о сильнейших, разрушительных землетрясениях мира, и пять сообщений — о шести землетрясениях территории России с макросейсмическими проявлениями  $I^{нбл} \geq 4$  по шкале ШСИ [ГОСТ, 2017], на русском и английском языках (таблица).

Самыми сильными событиями на Земном шаре за прошедший период были землетрясения 14 мая с  $M_s=7.4$  в районе острова Новая Британия (Папуа-Новая Гвинея) и 26 мая с  $m_b=7.4$  на севере Перу.

Самым разрушительным оказалось землетрясение 22 апреля, произошедшее на острове Лусон, Филиппины, в результате которого погибли 16 человек, около 90 пострадало. Землетрясение привело к повреждению многих зданий и дорог, была разрушена часть конструкций международного аэропорта Кларк.

#### Обзор сейсмичности по данным ССД

Следует отметить, что существующая «виртуальная» сеть ССД ФИЦ ЕГС РАН и методика обработки вывели ССД на стабильный уровень регистрации (более 4.5 тыс. землетрясений в год) (рис. 6). По сравнению с 2011 г., когда наблюдался афтершоковый процесс от землетрясения Тохоку 11 марта, общее число обработанных землетрясений сократилось. Также отмечается заметное увеличение числа землетрясений России в 2013 г. за счёт повышенной сейсмической активности дальневосточных регионов. В 2018 г.

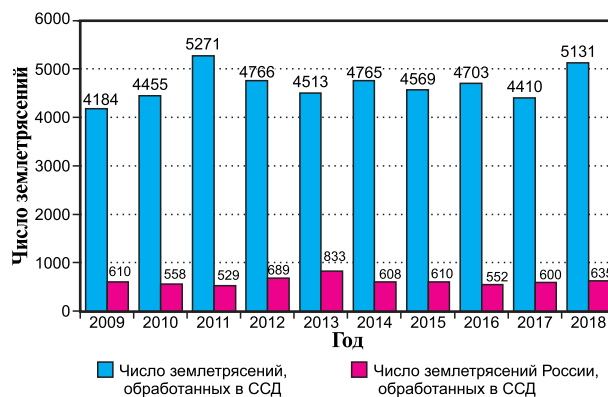
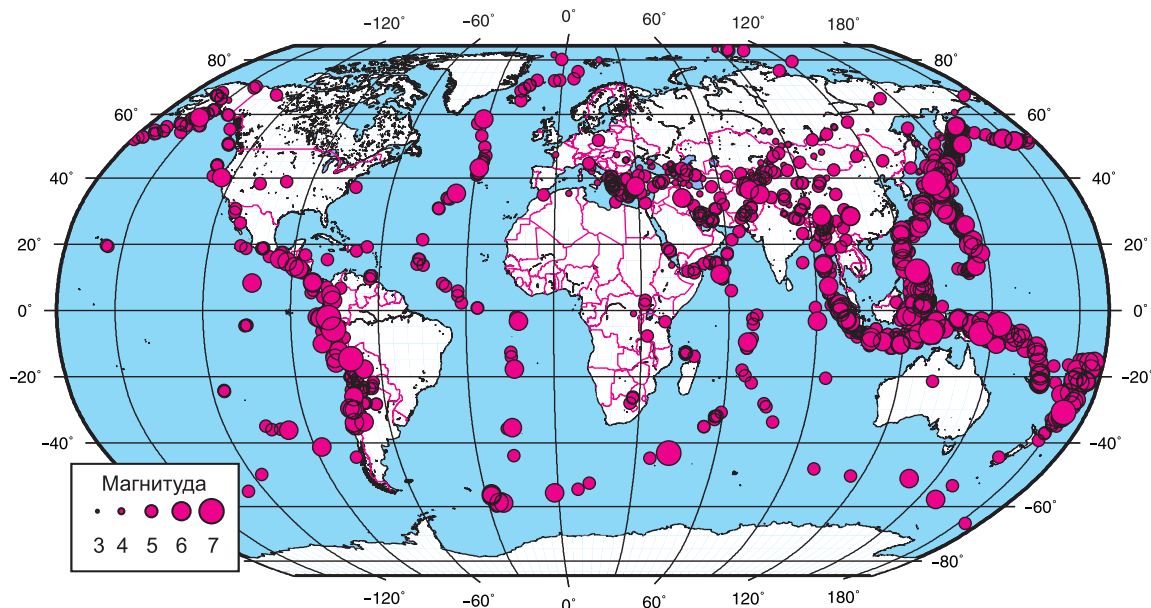
**Таблица.** Список землетрясений, для которых составлены Информационные сообщения, и их параметры

№	Дата, дд.мм. гггг	Время в очаге, чч:мм:сс.с	Эпицентр		$h$ , км	Магнитуда		$I_{0\text{ реч}}$ , балл	$I_{\text{нбл}}$ , балл	Район
			$\varphi$ , °	$\lambda$ , °		$M_S$	$m_b$			
1	04.03.2019	13:02:46.0	53.55	108.67	10	4.6		5–6	5	В районе озера Байкал
2	28.03.2019	22:06:46.1	50.43	159.95	10	6.3	6.4	8.5–9	4	Восточнее Курильских островов
3	29.03.2019	23:22:02.0	51.78	101.59	10	4.7		4.5–5	5	Республика Бурятия, на границе Россия–Монголия
4	22.04.2019	09:11:12.0	14.94	120.42	40	6.1	6.2	6.5	9*	Остров Лусон, Филиппины
5	14.05.2019	12:58:22.1	-4.11	152.59	10	7.4	6.7	10.5–11	7*	В районе острова Новая Британия, Папуа–Новая Гвинея
6	24.05.2019	22:34:03.0	42.94	47.17	10	4.6		5–6	5–6	Дагестан
7	26.05.2019	07:41:11.0	-5.74	-75.39	100	7.2	7.4	6.5–7	9*	Север Перу
8	17.06.2019	14:55:42.1	28.40	104.92	10	5.7	6.0	8	6*	Провинция Сычуань, Китай
9	25.06.2019	09:05:38.1	56.20	164.16	10	6.2	6.1	8.5–9	5	Район Командорских островов
	26.06.2019	02:18:05.0	56.09	164.12	10	6.4	6.4	9–9.5	4	Район Командорских островов

Примечание – \* – данные заимствованы с сайта Геологической службы США NEIC [USGS], где представлены карты интенсивности по сообщениям респондентов из ряда населённых пунктов по 10-балльной шкале MMI (Modified Mercalli Intensity Scale) [Wood, Neumann, 1931].

отмечается увеличение общего числа событий (5131 землетрясение), с магнитудами семь и выше зафиксировано 16 землетрясений (два из них на территории России: 10.10.2018 г. Курильские острова  $M_S=7$  и 20.12.2018 г. Район Командорских островов  $M_S=7.5$ ), большинство землетрясений сопровождалось афтершоковой последовательностью.

За период с 1 января по 30 июня 2019 г. зарегистрировано 2534 землетрясения (с  $M \geq 6.5$  – 18) (рис. 7), в т.ч. на территории России – 363 землетрясения. С магнитудами семь и выше зафиксировано всего шесть землетрясений, все за пределами России.

**Рис. 6.** Число землетрясений, обработанных в Службе срочных донесений в 2009–2018 гг.**Рис. 7.** Карта эпицентров землетрясений, обработанных в ССД в I полугодии 2019 г.

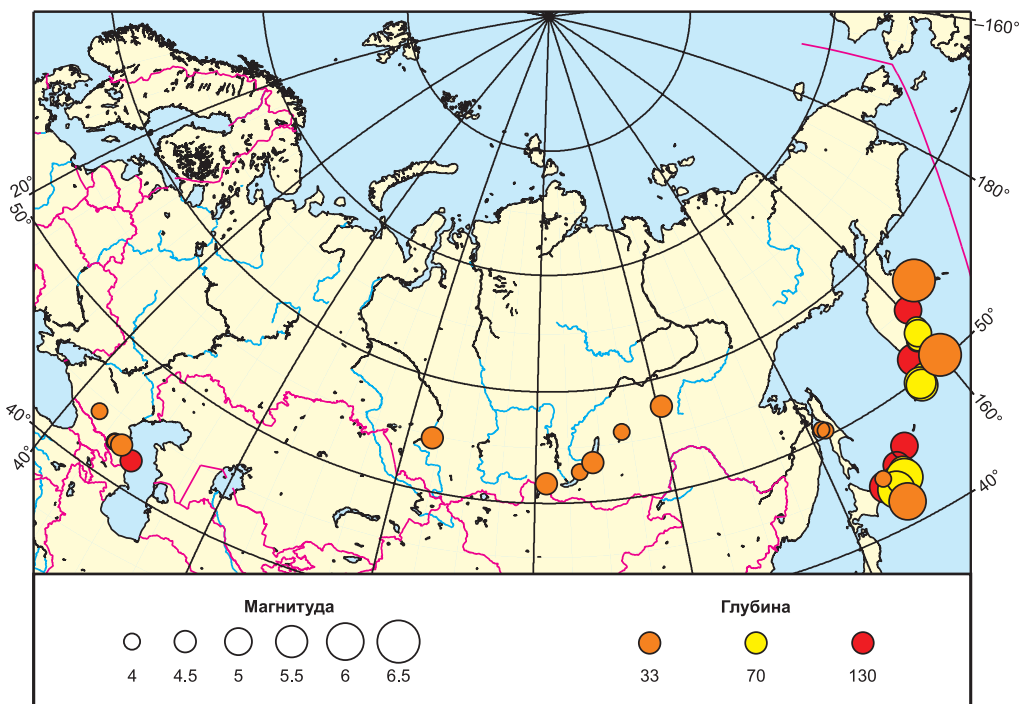


Рис. 8. Карта эпицентров ощутимых землетрясений, обработанных в ССД в I полугодии 2019 г.

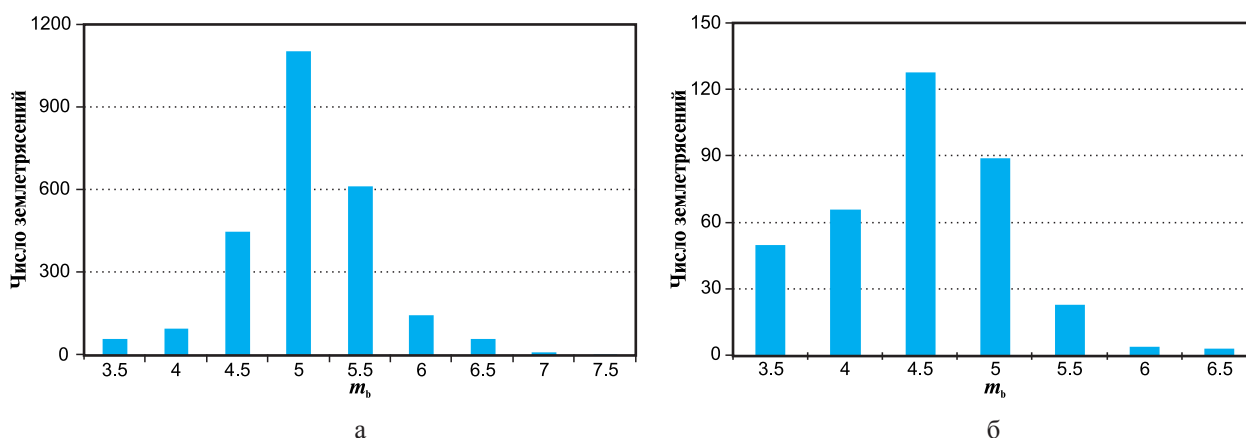


Рис. 9. Распределение по магнитуде  $m_b$  числа землетрясений Мира (а) и РФ (б), обработанных в ССД в I полугодии 2019 г.

Землетрясений, ощутимых на территории России, зарегистрировано 41, с эпицентрами на территории России – 39 (рис. 8). Большая часть из них произошла в районе Курильских островов – 17 событий.

На рис. 9а показано распределение по магнитудам  $m_b$  землетрясений Мира, на рис. 9б – землетрясений России, обработанных в ССД в I полугодии 2019 года.

Как видно, большая часть обработанных в ССД землетрясений Мира приходится на магнитуды  $m_b=4.5-5.5$ , в то время как для землетрясений России этот интервал  $m_b=4.0-5.0$ . Согласно [Маловичко и др., 2019], представительная магнитуда в целом для землетрясений Рос-

сии  $M=3.5$  (соответствует  $m_b=4.5$ ), по отдельным регионам (Камчатка, Сахалин) – ниже,  $M=3$  (соответствует  $m_b=4.2$ ).

### Выводы

Основные задачи ССД – снижение магнитудного уровня, повышение точности определения параметров землетрясений и уменьшение времени передачи автоматического донесения о произошедшем землетрясении Alarm. Соглашение между ФИЦ ЕГС РАН и Подготовительной комиссией ОДВЗЯИ об использовании данных сейсмических станций в проблеме цунами позволило увеличить общее число

станций, участвующих в работе ССД ФИЦ ЕГС РАН в режиме, близком к реальному времени, до 130, а среднее время передачи Alarm сократить до 16.3 мин, а для землетрясений территории России – до 12.4 мин. Следующим шагом в решении этих задач может стать настройка автоматического ассоциатора AssocR для отдельных регионов, что позволит сократить время объявления тревоги. I полугодие 2019 г. в сейсмическом отношении оказалось спокойным, по числу событий – на уровне 2018 г. как по территории Мира, так и России, где не наблюдалось никаких разрушений.

*Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00453-19-02.*

### Литература

- Акимов А.П. Автоматический модуль быстрого определения параметров гипоцентра землетрясения по данным цифровой сейсмической сети // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Четвертой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 3–7.
- ГОСТ Р 57546–2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. – Введ. 2017–07–19. – М.: Стандартинформ, 2017. – 28 с.
- Информационные сообщения // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/>
- Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
- Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П., Борисов П.А. Совершенствование процесса автоматического расчёта параметров гипоцентров землетрясений в Службе срочных донесений ГС РАН // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Седьмой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 153–158.
- Маловичко А.А., Старовойт О.Е., Коломиец М.В., Габсатарова И.П., Рыжикова М.И. Использование данных и продуктов Организации Договора о Всеобъемлющем Запрещении ядерных испытаний в сейсмическом мониторинге России в оперативном режиме // Вестник НЯЦ РК. – 2018. – Вып. 2 (74). – С. 5–11.
- Маловичко А.А., Старовойт О.Е., Павлова Н.Д., Пойгина С.Г., Чепкунас Л.С., Бабкина В.Ф. Юбилей российской сейсмологии. 2011 год. – Москва–Обнинск: ГС РАН, 2011. – 76 с.
- Маловичко А.А., Пойгина С.Г. Общие сведения о сейсмичности России // Землетрясения в России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 15.
- Результаты проведения комплексных сейсмологических и геофизических наблюдений и обработки данных на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей (отчёт ЦОМЭ ГС РАН за 2009 год) / Ред. Д.Ю. Мехрюшев. – Обнинск: Фонды ЦОМЭ ГС РАН, 2010. – 142 с.
- Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization [сайт]. – URL: <https://www.ctbto.org>
- IRIS-IDA [сайт]. – URL: <https://ida.ucsd.edu/>
- Kazakhstan National Data Center (KNDC) [сайт]. – URL: <https://www.kndc.kz>
- USGS [сайт]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov>
- Wood H.O., Neumann F. Modified Mercalli Intensity Scale of 1931 // Seismological Society of America Bulletin. – 1931. – V. 21, N 4. – P. 277–283.

### Сведения об авторах

**Коломиец Марина Викторовна**, зав. отделом Федерального государственного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ФИЦ ЕГС РАН), г. Обнинск, Россия. E-mail: [kolmar@gsras.ru](mailto:kolmar@gsras.ru)

**Дуленцова Людмила Григорьевна**, мл. науч. сотр. ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия. E-mail: [DylencovaL@gsras.ru](mailto:DylencovaL@gsras.ru)

**Рыжикова Мария Игоревна**, зам. зав. отделом ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия. E-mail: [masha@gsras.ru](mailto:masha@gsras.ru)

## GS RAS alert survey

© 2019 M.V. Kolomiyets, L.G. Dulentsova, M.I. Ryzhikova

GS RAS, Obninsk, Russia

**Abstract** There is submitted a review of geophysical survey alert service per first half-year period in the article. There is described input information flow used for earthquake data processing. There is given a description of earthquake summary processing that takes place into 3 stages and data exchange with international seismological centers. There have been analyzed the results of online processing of 2534 earthquakes in the world per the first half-year period of 2019. There is submitted a review of seismic intensity as per data of geophysical survey alert service on the area of Russia and in the world during that period.

**Keywords** earthquake, seismic station, waveforms, magnitude, hypocenter.

**For citation** 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: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2019.1.08>

### References

- Akimov, A.P. (2009). [Rapid automatic earthquake location program employing real-time digital seismic networks]. In *Materialy IV Mezhdunarodnoy seismologicheskoy shkoly "Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"*. [Proceedings of the IV International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 3-7). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
- Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization (2019). Retrieved from <https://www.ctbto.org>
- Informatsionnye soobshcheniia [Informational Messages]. GS RAS [site]. Available at: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/> (In Russ.).
- IRIS-IDA (2019). Retrieved from <https://ida.ucsd.edu/>
- GOST R 57546-2017. [State Standard 57546-2017. Earthquakes. Seismic intensity scale]. (2017). Moscow, Russia: Standartinform Publ., 28 p. (In Russ.).
- Kazakhstan National Data Center (KNDC) (2019). Retrieved from <https://www.kndc.kz>
- Krasilov, S.A., Kolomiyets, M.V., & Akimov, A.P. (2006). [Organization of digital seismic data processing using the WSG software package]. In *Materialy I Mezhdunarodnoy seismologicheskoy shkoly "Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"*. [Proceedings of the I International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 77-83). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
- Krasilov, S.A., Kolomiyets, M.V., Akimov, A.P., & Borisov, P.A. (2012). [Improvement of process of automatic calculation of parameters of the hypocenters of earthquakes in Alert Survey of GS RAS]. In *Materialy VII Mezhdunarodnoy seismologicheskoy shkoly "Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"*. [Proceedings of the VII International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 153-158). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
- Malovichko, A.A., & Poygina, S.G. (2019). [General information on seismicity of Russia]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2017 godu* [Earthquakes in Russia, 2017] (p. 15). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
- Malovichko, A.A., Starovoit, O.Ye., Kolomiyets, M.V., Gabsatarova, I.P., & Ryzhikova, M.I. (2018). [CTBTO data and data products in seismic monitoring in Russia]. *Vestnik NIATs RK* [NNC RK Bulletin], 2(74), 5-11. (In Russ.).
- Malovichko, A.A., Starovoit, O.Ye., Pavlova, N.D., Poygina, S.G., Chepkunas, L.S., & Babkina, V.F. (2011). *Iubilei rossiiskoi seismologii. 2011 god* [Anniversaries of Russian Seismology, 2011]. Moscow-Obninsk, Russia: GS RAS Publ., 76 p. (In Russ.).
- Rezultaty provedeniia kompleksnykh seismologicheskikh i geofizicheskikh nabludenii i obrabotki dannykh na baze statsionarnykh i mobil'nykh seismicheskikh setei (otchet TsOME GS RAN za 2009 god)* (Ed. D.Yu. Mekhryushev) [The results of complex seismological and geophysical observations and data processing based on stationary and mobile seismic networks (CEME GS RAS report for 2009) (Ed. D.Yu. Mehryushev)]. (2010). Obninsk, Russia: Funds GS RAS, 142 p. (In Russ.).
- USGS (2019). Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov>
- Wood, H.O., & Neumann, F. (1931). Modified Mercalli Intensity Scale of 1931. *Seismological Society of America Bulletin*, 21(4), 277-283.

### Information about authors

**Kolomiets Marina Viktorovna**, Head department of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (GS RAS), Obninsk, Russia. E-mail: [kolmar@gsras.ru](mailto:kolmar@gsras.ru)

**Dulentsova Lyudmila Grigor'yevna**, Research Assistant of the GS RAS, Obninsk, Russia. E-mail: [DylencovaL@gsras.ru](mailto:DylencovaL@gsras.ru)

**Ryzhikova Mariya Igorevna**, Deputy Head of Department of the GS RAS, Obninsk, Russia. E-mail: [masha@gsras.ru](mailto:masha@gsras.ru)