

Федеральный исследовательский центр
«Единая геофизическая служба
Российской академии наук»

Землетрясения России в 2016 году

Обнинск
2018

УДК 550.348

Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – 212 с.: ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISSN 1819–852X

Ежегодник содержит краткие обзоры состояния сейсмических сетей и сейсмичности в различных регионах Российской Федерации в 2016 году. В региональных и сводном каталогах опубликованы основные параметры 10551 землетрясения и 6346 взрывов, полученные по результатам наблюдений 388 сейсмических станций.

Ежегодник предназначен для сейсмологов, геофизиков, геологов и других специалистов в области наук о Земле.

Редакционная коллегия:

член-корреспондент РАН А.А. Маловичко (главный редактор), С.Г. Пойгина (технический редактор), канд. физ.-мат. наук И.П. Габсатарова, канд. физ.-мат. наук Р.С. Михайлова, д-р геол.-мин. наук Е.А. Рогожин, д-р физ.-мат. наук В.А. Салтыков, канд. физ.-мат. наук О.Е. Старовойт, Н.А. Гилёва, Т.А. Фокина

Рецензент:

член-корреспондент РАН Г.А. Соболев

Печатается по решению Ученого совета ФИЦ ЕГС РАН от 20 декабря 2017 г.

Подготовка и издание ежегодника осуществлены в рамках п. 136 «Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий» Программы ФНИ РАН на 2013–2020 гг.

The earthquakes of Russia in 2016. – Obninsk: GS RAS, 2018. – 212 p.: pict. + 1 CD-ROM.

The annual issue contains brief reviews of seismic networks and seismic activity in different regions of the Russian Federation in 2016. The main parameters of 10551 earthquakes and 6346 explosions obtained by 388 seismic station's observations, are published in regional and total catalogues.

This publication is intended for seismologists, geophysicists, geologists and other experts in the field of Earth's sciences.

Editorial Staff:

Corresponding member of RAS A.A. Malovichko (Editor-in-Chief), S.G. Poygina (Technical Editor), Ph. D. I.P. Gabsatarova, Ph. D. R.S. Mikhailova, Dr. E.A. Rogozhin, Dr. V.A. Saltykov, Ph. D. O.E. Starovoit, N.A. Gileva, T.A. Fokina

Reviewer:

Corresponding member of RAS G.A. Sobolev

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая
служба Российской академии наук», 2018

ISSN 1819–852X

© Федеральное агентство научных организаций России, 2018

Содержание

Введение	8
I. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России	10
Общие сведения о сейсмичности России	
<i>Маловичко А.А., Пойгина С.Г.</i>	10
Северный Кавказ	
<i>Габсатарова И.П., Даниялов М.Г., Мехрюшев Д.Ю., Погода Э.В., Янков А.Ю.</i>	16
Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь	
<i>Габсатарова И.П., Голубева И.В., Дягилев Р.А., Карпинский В.В., Конечная Я.В., Мехрюшев Д.Ю., Надёжка Л.И., Нестеренко М.Ю., Петров С.И., Пивоваров С.П., Пойгина С.Г., Санина И.А., Французова В.И.</i>	23
Арктика	
<i>Пойгина С.Г., Болдырева Н.В., Баранов С.В., Конечная Я.В., Антоновская Г.Н.</i>	29
Алтай и Саяны	
<i>Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г., Корабельщиков Д.Г., Чурашев С.А.</i>	32
Прибайкалье и Забайкалье	
<i>Масальский О.К., Гилёва Н.А., Хамидулина О.А., Тубанов Ц.А.</i>	39
Приамурье и Приморье, Сахалин и Курило-Охотский регион	
<i>Фокина Т.А., Коваленко Н.С., Костылев Д.В., Левин Ю.Н., Лыхачёва О.Н., Михайлов В.И.</i>	45
Якутия	
<i>Шibaев С.В., Козьмин Б.М., Петров А.Ф., Тимиршин К.В., Пересыпкин Д.М., Наумова А.В., Старкова Н.Н.</i>	54
Северо-Восток России и Чукотка	
<i>Алёшина Е.И., Курткин С.В.</i>	60
Камчатка и Командорские острова	
<i>Чебров Д.В., Дроздина С.Я., Сеньюков С.Л., Шевченко Ю.В., Митюшкина С.В.</i>	65
II. Количественный анализ сейсмичности	73
Оценка уровня сейсмичности регионов России	
<i>Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г., Воропаев П.В.</i>	73
Количественный анализ сейсмичности Камчатки	
<i>Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Воропаев П.В.</i>	80
III. Результаты детального сейсмического мониторинга	88
Непрерывные наблюдения	88
Вулканы Камчатки	
<i>Сеньюков С.Л., Нуждина И.Н., Чебров Д.В.</i>	88
Юг о. Сахалин	
<i>Михайлов В.И.</i>	96
Центральные и южные районы Красноярского края	
<i>Герман В.И., Славский А.В.</i>	99
Восточная часть Балтийского щита	
<i>Баранов С.В., Карпинский В.В., Мунирова Л.М., Петров С.И.</i>	102
Район архипелага Шпицберген	
<i>Асминг В.Э., Баранов С.В., Петров С.И.</i>	104

Наблюдения временными сетями	110
Чуйско-Курайская зона Горного Алтая	
Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В.	110
Эпицентральная область техногенного Бачатского землетрясения	
18.06.2013 г. с $M=5.1$ (Кузбасс)	
Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В.	114
Изучение наведенной сейсмичности на юге Кузбасса	
в районе открытых и подземных горных работ	
Еманов А.А., Еманов А.Ф., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В.	117
IV. Каталоги землетрясений по различным регионам России	123
Северный Кавказ	
Габсатарова И.П., Адилов З.А., Девяткина Л.В., Королецки Л.Н., Цирихова Г.В. (отв. сост.);	
Александрова Л.И., Асекова З.А., Багаева С.С., Войтова А.С., Гамидова А.М., Головкова Л.В.,	
Гричуха К.В., Дмитриева И.Ю., Иванова Л.Е., Калугина И.Ю., Косая В.В., Лецук Н.М.,	
Мусалаева З.А., Павличенко И.Н., Сагателова Е.Ю., Селиванова Е.А.	127
Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь	
Габсатарова И.П., Баранов С.В., Голубева И.В., Дягилев Р.А., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И.	
(отв. сост.); Асминг В.Э., Бабкова Е.А., Белевская М.А., Ваганова Н.В., Варлашова Ю.В.,	
Войтова А.С., Карпинская О.В., Коломиец О.А., Нахшина Л.П., Носкова Н.Н., Пивоваров С.П.,	
Старикович Е.Н., Федоров А.В., Французова В.И.	131
Арктика	
Конечная Я.В., Болдырева Н.В.	134
Алтай и Саяны	
Денисенко Г.А., Лескова Е.В., Манушина О.А., Подкорытова В.Г., Подлипская Л.А.,	
Шаталова А.О., Шевелева С.С., Шевкунова Е.В.	135
Прибайкалье и Забайкалье	
Гилёва Н.А., Хамидулина О.А. (отв. сост.); Дреннова Г.Ф., Меньшикова Ю.А., Курилко Г.В.,	
Емельянова Л.В., Радзиминович Я.Б., Середкина А.И.	138
Приамурье и Приморье	
Коваленко Н.С. (отв. сост.).	141
Сахалин	
Сохатюк А.С., Кругова И.П. (отв. сост.); Децик И.В., Паршина И.А., Ферчева В.Н.	143
Курило-Охотский регион	
Дорошкевич Е.Н. (отв. сост.); Пиневич М.В., Швидская С.В., Величко Л.Ф.	147
Якутия	
Шибяев С.В., Козьмин Б.М., Старкова Н.Н. (отв. сост.); Хастаева Е.В.,	
Москаленко Т.П., Денег Е.Г.	156
Северо-Восток России и Чукотка	
Алёшина Е.И. (отв. сост.); Чернецова А.Г., Гахбдрахманова Ю.В.	159
Камчатка и Командорские острова	
Дроздина С.Я. (отв. сост.); Леднева Н.А., Назарова З.А., Карпенко Е.А.,	
Напылова Н.А., Кожевникова Т.Ю., Митюшкина С.В., Раевская А.А.	162
Вулканические районы Камчатки	170
Северная группа вулканов	
Нуждина И.Н. (отв. сост.); Напылова О.А., Напылова Н.А., Демянчук М.В.,	
Соболевская О.В., Кожевникова Т.Ю., Толокнова С.Л.	170
Авачинская группа вулканов	
Нуждина И.Н. (отв. сост.); Кожевникова Т.Ю., Толокнова С.Л., Соболевская О.В.,	
Назарова З.А.	171

Мутновско-Гореловская группа вулканов <i>Нуждина И.Н. (отв. сост.); Кожевникова Т.Ю., Толокнова С.Л., Назарова З.А., Соболевская О.В.</i>	172
Вулкан Жупановский <i>Нуждина И.Н. (отв. сост.); Кожевникова Т.Ю., Толокнова С.Л., Назарова З.А., Соболевская О.В., Навылова Н.А.</i>	173
Вулкан Кизимен <i>Нуждина И.Н. (отв. сост.); Кожевникова Т.Ю., Толокнова С.Л., Назарова З.А., Соболевская О.В.</i>	174
Центральные и южные районы Красноярского края <i>Славский А.В. (отв. сост.)</i>	175
Восточная часть Балтийского щита <i>Асминг В.Э., Баранов С.В., Коломиец О.А., Мунирова Л.М., Нахшина Л.П., Федоров А.В.</i>	177
Район архипелага Шпицберген <i>Баранов С.В., Асминг В.Э., Ковалева И.С.</i>	178
Чуйско-Курайская зона Горного Алтая в 2015–2016 гг. <i>Денисенко Г.А., Лескова Е.В., Манушина О.А., Подкорытова В.Г., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелева С.С., Шевкунова Е.В.</i>	180
Район разреза «Бачатский», Кузбасс (зона Бачатского землетрясения 18.06.2013 г.) <i>Лескова Е.В. (отв. сост.); Шевкунова Е.В.</i>	181
Район Калтанского угольного разреза, Кузбасс <i>Денисенко Г.А., Лескова Е.В., Манушина О.А., Подкорытова В.Г., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелева С.С., Шевкунова Е.В.</i>	182
V. Сведения о наиболее крупных промышленных взрывах <i>Алёшина Е.И., Асминг В.Э., Баранов С.В., Белевская М.А., Варлашова Ю.В., Войтова А.С., Волосов С.Г., Гахдрахманова Ю.В., Габсатарова И.П., Голубева И.В., Данилова Т.В., Девяткина Л.В., Денега Е.Г., Денисенко Г.А., Децик И.В., Дягилев Р.А., Иванова Л.Е., Карпинская О.В., Коваленко Н.С., Козьмин Б.М., Коломиец О.А., Константиновская Н.Л., Косая В.В., Кругова И.П., Лескова Е.В., Лецук Н.М., Манушина О.А., Москаленко Т.П., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Нахшина Л.П., Нестёркина М.А., Паршина И.А., Пивоваров С.П., Подкорытова В.Г., Подлипская Л.А., Санина И.А., Селиванова Е.А., Славский А.В., Сохатюк А.С., Старикович Е.Н., Старкова Н.Н., Федоров А.В., Ферчева В.Н., Хастаева Е.В., Чернецова А.Г., Шаталова А.О., Шевелева С.С., Шевкунова Е.В., Шибяев С.В.</i>	183
VI. Механизмы очагов отдельных землетрясений России <i>Габсатарова И.П., Гилёва Н.А., Богинская Н.В., Иванова Е.И., Малянова Л.С., Сафонов Д.А., Середкина А.И.</i>	194
VII. Электронные приложения на компакт-диске	202
Содержание электронного приложения <i>Пойгина С.Г., Борисов П.А.</i>	202
Сводный каталог сейсмических событий на территории России	204
Сейсмологические бюллетени сильных землетрясений	205
Интерактивный электронный интерфейс к базе сейсмологических данных <i>Борисов П.А.</i>	206
Сокращенные обозначения и аббревиатуры	207
Приложение. Границы сейсмоактивных регионов России с 2004 г.	211

Contents

Introduction	8
I. Results of seismic monitoring in different regions of Russia	10
General information about seismic activity of Russia	10
Northern Caucasus	16
East-European platform, Ural Mountains and Western Siberia	23
Arctic Basin	29
Altai and Sayan Mountains	32
Lake Baykal and Transbaykal regions	39
Priamurye and Primorye, Sakhalin and Kuril-Okhotsk region	45
Yakutia	54
North-East region of Russia and Chukotka	60
Kamchatka and Komandor Islands	65
II. Quantitative analysis of seismicity	73
Estimation of seismicity level of Russian regions	73
Quantitative analysis of Kamchatka seismicity	80
III. Results of detailed seismic monitoring	88
Continuous observations	88
Kamchatka volcanoes	88
Southern Sakhalin	96
Central and Southern regions of Krasnoyarskiy Krai	99
Eastern part of the Baltic Shield	102
Svalbard Archipelago area	104
Observations by temporary networks	110
Chui-Kurai zone of Gorny Altai	110
Bachaty earthquake 18.06.2013 ($M=5.1$) epicentral area	114
Study of induced seismicity in the open and underground mining area of Southern Kuzbass	117
IV. Catalogues of the earthquakes for different regions of Russia	123
Northern Caucasus	127
East-European platform, Ural Mountains and Western Siberia	131
Arctic Basin	134
Altai and Sayan Mountains	135
Lake Baykal and Transbaykal regions	138
Priamurye and Primorye	141

Sakhalin	143
Kuril-Okhotsk region	147
Yakutia	156
North-East region of Russia	159
Kamchatka and Komandor Islands	162
Volcano regions of Kamchatka	170
Northern group of volcanoes	170
Avacha group of volcanoes	171
Mutnovsky-Gorelyy group of volcanoes	172
Volcano Zhupanovsky	173
Volcano Kizimen	174
Central and Southern regions of Krasnoyarskiy Krai	175
Eastern part of the Baltic Shield	177
Chui-Kurai zone of Gorny Altai in 2015–2016	180
Coal cut "Bachatskiy" area, Kuzbass (Bachaty earthquake 18.06.2013 epicentral area)	181
Kaltan coal cut area, Kuzbass	182
V. Information about most significant industrial explosions	183
VI. Focal mechanisms of some earthquakes of Russia	194
VII. Electronic appendices on a compact disc	202
Contents of the electronic appendix	202
Total catalogue of Russian territory seismic events	204
Seismological bulletins of the strong earthquakes	205
Interactive electronic interface for seismological database	206
Abbreviations	207
Appendix. Seismoactive regional borders of Russia since 2004	211

Введение

Настоящий ежегодник является продолжением серии, начатой в 2006 г. изданием сборника «Землетрясения России в 2003 году», и включает информацию о сейсмических событиях, произошедших на территории Российской Федерации в 2016 году. Параметры 16897 сейсмических событий получены по результатам сейсмологических наблюдений во всех регионах России, где развернуты сети сейсмических станций Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ФИЦ ЕГС РАН) и других организаций, работающих в тесном контакте с ФИЦ ЕГС РАН и использующих сходные технологии регистрации и обработки. Общее число сейсмических станций в 2016 г. составило 388.

В 2015–2016 гг. была проведена реорганизация ряда учреждений РАН, вследствие чего их названия были изменены. В настоящем сборнике приводятся новые названия организаций. Кроме того, в Международном сейсмологическом центре (ISC, Великобритания) внедряются в практику новые унифицированные коды национальных и региональных сейсмологических центров, которыми будут заменены все старые коды. Поэтому, начиная с ежегодника «Землетрясения России в 2015 году», используются новые коды российских сейсмологических центров.

В разделе I помещены краткие обзорные статьи о сейсмическом мониторинге регионов и территорий в 2016 г., включающие информацию о сейсмических станциях региональных сетей, карты расположения станций и эпицентров зарегистрированных землетрясений.

В разделе II приведены результаты оценки уровня сейсмичности в регионах Российской Федерации. Сейсмичность почти всех регионов России в 2016 г. соответствовала фоновому среднему уровню. Уровень сейсмичности Якутского региона оценивается как фоновый пониженный, Камчатки и Командорских островов – фоновый повышенный. Здесь же представлены материалы количественного анализа сейсмичности для одного из наиболее сейсмоактивных регионов России – Камчатки и Командорских островов.

В разделе III продолжена публикация результатов детального изучения сейсмических процессов с использованием стационарных и временных сейсмических сетей. Этот раздел традиционно открывается информацией о сейсмическом мониторинге вулканов Камчатки. В 2016 г. высокая сейсмическая и вулканическая активность наблюдалась на вулканах Ключевской, Шивелуч, Жупановский, Безымянный и Карымский. Традиционно публикуются результаты детального изучения сейсмичности в районах юга Сахалина, Красноярского края и восточной части Балтийского щита. Кольский филиал ФИЦ ЕГС РАН в 2016 г. впервые публикует результаты сейсмического мониторинга района архипелага Шпицберген. Алтае-Саянский филиал ФИЦ ЕГС РАН приводит результаты детальных наблюдений временными сетями станций в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая, эпицентральной области техногенного Бачатского землетрясения 18.06.2013 г. с $M=5.1$ в Кузбассе и районе Калтанского угольного разреза.

В разделе IV публикуются каталоги землетрясений по регионам России (с соответствующих представительных магнитуд) и районам детальных исследований. Полные каталоги представлены в электронном виде на CD-ROM, прилагаемом к ежегоднику (разделы IV, VII). В 2016 г. впервые публикуется каталог землетрясений района архипелага Шпицберген.

Мониторинг слабой сейсмичности в ряде регионов тесно связан с задачей идентификации промышленных взрывов, сейсмический эффект от которых сопоставим с энергией слабых землетрясений. Поэтому в ежегоднике отдельным разделом представлена информация о промышленных взрывах и событиях, отнесенных к категории «возможно взрыв», полученная по результатам наблюдений региональных и локальных сетей ФИЦ ЕГС РАН и других ведомств в восьми регионах России (раздел V).

В разделе VI опубликованы параметры механизмов очагов и диаграмм в нижней полусфере для 89 сильных землетрясений, произошедших в шести регионах: «Камчатка и Командорские острова», «Курило-Охотский регион», «Приамурье и Приморье», «Прибайкалье и Забайкалье», «Сахалин» и «Северный Кавказ».

Для удобства пользования материалами сейсмического мониторинга, включающими каталоги землетрясений и промышленных взрывов, а также списки станций, на прилагаемом к книге оптическом компакт-диске размещена полная электронная версия ежегодника. Предлагается автоматическая установка базы данных (БД) «Землетрясения России», снабженной интерфейсом электронного ежегодника, позволяющим производить выборку данных о землетрясениях и сейсмических станциях России за 2003–2016 гг. в виде таблиц с визуализацией на картах. БД «Землетрясения России» дополнена параметрами механизмов очагов сильных землетрясений за 2004–2016 гг.

С начала 2014 г. ФИЦ ЕГС РАН открыт публичный электронный доступ к ежегодно пополняемой БД «Землетрясения России» через Web-ресурс <http://eqru.gsras.ru>. База данных «Землетрясения России» имеет свидетельство о государственной регистрации в Реестре баз данных Федеральной службы по интеллектуальной собственности № 2015620591 от 7 апреля 2015 года.

На первой стороне обложки – карта расположения эпицентров двух сильнейших землетрясений 2016 г. на территории Российской Федерации: Жупановского землетрясения под восточным побережьем Камчатки 30 января с $M=7.4$ и в Тихом океане юго-восточнее мыса Козлова (Камчатка) 20 марта с $M=6.9$.

IV. Каталоги землетрясений по различным регионам России

Региональные каталоги землетрясений за 2016 г. содержат основные параметры землетрясений (время возникновения, координаты гипоцентров, энергетические классы, магнитуды и макросейсмические данные) по данным региональных центров. Кроме того, для всех землетрясений рассчитаны значения магнитуды M (MLH , MS). Значения M были использованы для оценки выделившейся сейсмической энергии в регионах по формуле $\lg E = 11.8 + 1.5 \cdot M$ [1] согласно рекомендациям [2].

В каталоги по регионам добавлялись параметры очагов, определенные в соседних региональных центрах на сопредельных территориях и не имеющие собственных альтернативных решений.

Методика расчета магнитуды M для каждого региона описана ниже.

Расчет магнитуды M (MLH , MS)

Расчет магнитуды M производится из значений магнитуд и энергетических классов, публикуемых в Сейсмологических бюллетенях ФИЦ ЕГС РАН и региональных каталогах подразделений ФИЦ ЕГС РАН по описанным ниже формулам в соответствии с [2–10].

Общий подход к методике расчета магнитуды M из магнитуд, публикуемых в Сейсмологическом бюллетене ФИЦ ЕГС РАН (код центра в каталогах – OBGSR):

– если определена по инструментальным данным MS :

$$\begin{aligned} M &= MS & (h \leq 70), \\ M &= MS + 0.8 & (h > 70); \end{aligned}$$

– если нет MS , производится пересчет из других типов магнитуд:

$$\begin{aligned} M &= 1.59 \cdot MPLP - 3.97 & (h \leq 70), \\ M &= 1.59 \cdot MPSP - 3.67 & (h \leq 70), \\ M &= 1.77 \cdot MPLP - 5.5 & (70 < h \leq 390), \\ M &= 1.77 \cdot MPSP - 5.2 & (70 < h \leq 390), \\ M &= 1.85 \cdot MPLP - 5.2 & (h > 390), \\ M &= 1.85 \cdot MPSP - 4.9 & (h > 390). \end{aligned}$$

Северный Кавказ

$$\begin{aligned} M &= MS, \\ M &= (K_p - 4) / 1.8. \end{aligned}$$

Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь

а) Сейсмологический бюллетень ФИЦ ЕГС РАН (GSRAS):

$$\begin{aligned} M &= MS, \\ M &= 1.59 \cdot MPSP - 3.67; \end{aligned}$$

б) каталог лаборатории сейсмического мониторинга ВКМ ФИЦ ЕГС РАН (VMGSR):

$$M = (K_p - 4) / 1.8;$$

в) каталог Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН (KOGSR), корреляционная зависимость будет уточняться по мере накопления данных:

$$M \approx ML;$$

г) каталог ФИЦ ЕГС РАН (OBGSR, г. Санкт-Петербург) для восточной части Балтийского щита, корреляционная зависимость будет уточняться по мере накопления данных:

$$M \approx ML;$$

д) каталог, составленный ФИЦ ЕГС РАН совместно с ГИ УрО РАН (MIRAS, г. Пермь), корреляционная зависимость будет уточняться по мере накопления данных:

$$M = (K_p - 4) / 1.8,$$

$$M \approx ML;$$

е) каталог Института динамики геосфер РАН (IDG, г. Москва), корреляционная зависимость будет уточняться по мере накопления данных:

$$M \approx ML - 0.5;$$

ж) каталог, составленный ФИЦ ЕГС РАН совместно с ФГБУН ФИЦКИА РАН (FCIAR, г. Архангельск), корреляционная зависимость будет уточняться по мере накопления данных:

$$M \approx ML.$$

Арктика

а) Сейсмологический бюллетень ФИЦ ЕГС РАН (GSRAS):

$$M = MS,$$

$$M = 1.59 \cdot MPSP - 3.67;$$

б) каталог, составленный ФИЦ ЕГС РАН совместно с ФГБУН ФИЦКИА РАН (FCIAR, г. Архангельск), корреляционная зависимость будет уточняться по мере накопления данных:

$$M \approx ML;$$

в) каталог Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН (KOGSR), корреляционная зависимость будет уточняться по мере накопления данных:

$$M \approx ML.$$

Алтай и Саяны

$$M = MS,$$

$$K_p = 1.55 \cdot ML + 3.15;$$

$$MS = 0.662 \cdot K_p - 3.682^1.$$

Прибайкалье и Забайкалье

$$M \approx M_w,$$

$$M = (K_p - 4) / 1.8 \quad (K_p \leq 14.8).$$

Приамурье и Приморье

а) для всех землетрясений (коровых и глубоких):

$$M = (K_p - 4) / 1.8 \quad (K_p \leq 14.0);$$

б) для землетрясений с $h \leq 70$ км:

$$M = MS,$$

$$M = MSH - 0.5 \cdot \lg h \quad (MSH < 6.0),$$

$$M = 1.14 \cdot MSH - 0.9 \cdot \lg h \quad (MSH \geq 6.0),$$

$$M = 1.59 \cdot MPV(B) - 3.97,$$

$$M = 1.59 \cdot MPVA - 3.67;$$

¹ Корреляционная зависимость построена А.Г. Филиной [9] и будет уточняться по мере накопления данных.

в) для землетрясений с $h > 70$ км:

$$M = (\lg M_0 - 15.4) / 1.6,$$

$$M = MSH - 0.5 \cdot \lg h + 0.8 \quad (MSH < 6.0),$$

$$M = 1.14 \cdot MSH - 0.9 \cdot \lg h + 0.8 \quad (MSH \geq 6.0),$$

$$M = 1.77 \cdot MPV(B) - 5.5 \quad (70 < h \leq 390),$$

$$M = 1.85 \cdot MPV(B) - 5.2 \quad (h > 390),$$

$$M = 1.77 \cdot MPVA - 5.2 \quad (70 < h \leq 390),$$

$$M = 1.85 \cdot MPVA - 4.9 \quad (h > 390).$$

Сахалин

а) для землетрясений с $h \leq 70$ км:

$$M = MLH,$$

$$M = (K_P - 4) / 1.8,$$

$$M = (K_C - 1.2) / 2.0,$$

$$M = (\lg M_0 - 15.4) / 1.6,$$

$$M = MSH - 0.5 \cdot \lg h \quad (MSH < 6.0),$$

$$M = 1.14 \cdot MSH - 0.9 \cdot \lg h \quad (MSH \geq 6.0),$$

$$M = 1.59 \cdot MPV(B) - 3.97,$$

$$M = 1.59 \cdot MPVA - 3.67;$$

б) для землетрясений с $h > 70$ км:

$$M = MSH - 0.5 \cdot \lg h + 0.8 \quad (MSH < 6.0),$$

$$M = 1.14 \cdot MSH - 0.9 \cdot \lg h + 0.8 \quad (MSH \geq 6.0),$$

$$M = 1.77 \cdot MPV(B) - 5.5 \quad (70 < h \leq 390),$$

$$M = 1.85 \cdot MPV(B) - 5.2 \quad (h > 390),$$

$$M = 1.77 \cdot MPVA - 5.2 \quad (70 < h \leq 390),$$

$$M = 1.85 \cdot MPVA - 4.9 \quad (h > 390).$$

Курило-Охотский регион

а) для землетрясений с $h \leq 70$ км:

$$M = (\lg M_0 - 15.4) / 1.6,$$

$$M = MLH,$$

$$M = (K_C - 1.2) / 2.0,$$

$$M = (K_S - 4.6) / 1.5,$$

$$M = MSH - 0.5 \cdot \lg h \quad (MSH < 6.0),$$

$$M = 1.14 \cdot MSH - 0.9 \cdot \lg h \quad (MSH \geq 6.0),$$

$$M = 1.59 \cdot MPV(B) - 3.97,$$

$$M = 1.59 \cdot MPVA - 3.67;$$

б) для землетрясений с $h > 70$ км:

$$M = (\lg M_0 - 15.4) / 1.6,$$

$$M = MSH - 0.5 \cdot \lg h + 0.8 \quad (MSH < 6.0),$$

$$M = 1.14 \cdot MSH - 0.9 \cdot \lg h + 0.8 \quad (MSH \geq 6.0),$$

$$M = (K_C - 1.2) / 2.0,$$

$$M = (K_S - 4.6) / 1.5,$$

$$M = 1.77 \cdot MPV(B) - 5.5 \quad (70 < h \leq 390),$$

$$M = 1.85 \cdot MPV(B) - 5.2 \quad (h > 390),$$

$$M = 1.77 \cdot MPVA - 5.2 \quad (70 < h \leq 390),$$

$$M = 1.85 \cdot MPVA - 4.9 \quad (h > 390).$$

Якутия

$$M \approx M_w,$$

$$M = MS,$$

$$M = (K_P - 4) / 1.8 \quad (K_P \leq 14.0),$$

$$M = (K_P - 8) / 1.1 \quad (K_P > 14.0).$$

Северо-Восток России и Чукотка

$$M = MS,$$

$$M = (K_P - 4) / 1.8 \quad (K_P \leq 14.0).$$

Камчатка и Командорские острова

$$M = (K_S - 4.6) / 1.5.$$

Литература

1. Gutenberg B., Richter C. Magnitude and energy of earthquakes // Ann. di Geofisica. – 1956. – Vol. 9, N 1. – P. 1–15.
2. Кондорская Н.В., Горбунова И.В., Киреев И.А., Вандышева Н.В. О составлении унифицированного каталога сильных землетрясений Северной Евразии по инструментальным данным (1901–1990 гг.) // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. – М.: ИФЗ РАН, 1993. – С. 76.
3. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. Глава 4. Труды ИФЗ АН СССР / Отв. ред. Ю.В. Ризниченко. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – № 9 (176). – С. 75–113.
4. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. Труды ИФЗ АН СССР. – М.: Наука, 1964. – № 32 (199). – С. 88–93.
5. Соловьев С.Л., Соловьева О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Известия АН СССР, сер. «Физика Земли». – 1967. – № 2. – С. 13–22.
6. Федотов С.А. Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.
7. Раутиан Т.Г., Халтурин В.И., Закиров М.С., Земцова А.Г., Проскурин А.П., Пустовитенко Б.Г., Пустовитенко А.Н., Синельникова Л.Г., Филина А.Г., Шенгелая И.С. Экспериментальные исследования сейсмической коды / Отв. ред. И.Л. Нерсесов. – М.: Наука, 1981. – С. 85.
8. *New manual of seismological observatory practice (NMSOP-2)* // Bibliothek Wissenschaftspark Albert Einstein [Web Site] / Ed. P. Bormann. – 2012. – URL: <http://bib.telegrafenberg.de/publizieren/vertrieb/nmsop/>.
9. Филина А.Г. Определение энергетических характеристик землетрясений в Алтае-Саянском регионе // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 379.
10. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. Избранные труды. – М.: Наука, 1976. – С. 15.

Сокращенные обозначения и аббревиатуры

Принятые сокращения

ФИЦ ЕГС РАН	– Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук»
АЭС	– атомная электростанция
БД	– база данных
БРЗ	– Байкальская рифтовая зона
ВЕП	– Восточно-Европейская платформа
ГТУ	– горно-тектонический удар
Управление ОМ ГО, ЧС и ПБ	– Управление обеспечения мероприятий в области гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности
ГУ	– горный удар
ГеоЭС	– геотермальная электростанция
ГЭС	– гидроэлектростанция
ДВЗЯИ	– Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний
ДВО РАН	– Дальневосточное отделение Российской академии наук
ИГАБМ СО РАН	– Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН
ИОЦ	– информационно-обрабатывающий центр
КМВ	– Кавказские Минеральные Воды
КНЦД	– Казахстанский национальный центр данных
ЛСМ	– лаборатория сейсмического мониторинга
МЧС	– Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
ОАО	– Открытое акционерное общество
Программа ФНИ РАН	– программа федеральных научных исследований РАН
РИОЦ	– региональный информационно-обрабатывающий центр
рис.	– рисунок
РЭС	– Российский экспертный совет
СОУС	– статистическая оценка уровня сейсмичности (шкала и методика «СОУС'09»)
СП СПЦ	– сейсмическая подсистема Системы предупреждения о цунами
СУБД	– система управления базами данных
СУБР	– Североуральский бокситовый рудник
табл.	– таблица
УрО РАН	– Уральское отделение Российской академии наук
ФЦП	– Федеральная целевая программа
ЦСМ	– Центр сейсмологического мониторинга
ЦУКС ГУ МЧС России по Сахалинской области	– Федеральное казенное учреждение «Центр управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Сахалинской области»
ЧАО	– Чукотский автономный округ
Array	– сейсмическая группа

CD-ROM	– электронный оптический компакт-диск (CD) только для чтения (ROM – read only memory)
DIMAS	– программа обработки сейсмических данных
G	– масса взрывчатого вещества (m)
GSN	– Глобальная сейсмическая сеть
IASPEI91	– глобальная скоростная модель
IMGG	– сейсмологический центр Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (г. Южно-Сахалинск)
IMS CTBTO	– Международная система мониторинга, организованная по ДВЗЯИ
ISC	– Международный сейсмологический центр (Англия)
ISF	– Международный формат IASPEI Seismic Format
h	– высота станции над уровнем моря (m)
HYP2DT	– программа обработки сейсмических данных
LocSat	– программа обработки сейсмических данных
MSK-64	– Международная макросейсмическая шкала
Nst	– количество станций, участвовавших в определении параметров гипоцентра сейсмического события
SeisComp3	– программный комплекс обработки сейсмических данных
VSAT	– Very Small Aperture Terminal – малая спутниковая наземная станция

Оборудование

GS-1, GS-3, GS-13	– сейсмометр короткопериодный
LE-3Dlite	– " –
Kinometrics SV1/SH1	– " –
SeisMonitor	– " –
СК-1П	– " –
СКМ-3, СКМ, СКМ-3М	– " –
СМ-3, СМ-3КВ	– " –
СМ-3вч	– " –
СКД	– сейсмометр длиннопериодный
СМГ-3, СМГ-3Т, СМГ-3ТВ, СМГ-3Т-Polar, СМГ-6Т, СМГ-6ТD	– сейсмометр широкополосный
СМГ-3ЕСP, СМГ-3ЕСPС, СМГ-3ЕСPСD, СМГ-3ЕСPСDЕ	– " –
СМГ-40Т, СМГ-40Т-1	– " –
СМЕ-4011, СМЕ-4311, СМЕ-6011	– " –
KS-2000	– " –
L4C-3D	– " –
STS-1, STS-2	– " –
СМ-3ОС	– " –
KS-36000	– сейсмометр скважинный широкополосный
АС-73iHHV	– акселерометр
СМГ-5Т, СМГ-5ТD, СМГ-5ТDЕ	– " –
FBA-23	– " –
ЖЕР-6А3	– " –

ОСП, ОСП-2М	– прибор для записи сильных движений
PAR-24B, PAR-4CH	– аналого-цифровой преобразователь
CMG-DAS-S6, CMG-DAS-U-S6	– цифровая регистрирующая аппаратура
CMG-DM24, CMG-DM24S3AM	– " –
CD24	– " –
DAT-4, DAT-5A	– " –
DM24, DM24mk3	– " –
EAM	– " –
EVROPA	– " –
GMS^{plus}	– " –
GSR-24	– ' ' –
IRIS/IDA	– " –
IRIS/USGS	– " –
LS7000XT	– " –
Q330, Q330HR, Q330HRS	– ' ' –
Q680	– " –
Quanterra-4124	– " –
RefTek 130S-01	– ' ' –
SDAS	– " –
UGRA	– " –
Байкал, Байкал-8, Байкал-8.1, Байкал-10, Байкал-11, Байкал-111, Байкал-112, Байкал-7HR, Байкал АС-75	– " –
Иркут	– " –
СЦСС	– " –
МС	– аналог ЦСС Байкал-11

Основные параметры землетрясения

<i>E</i>	– сейсмическая энергия (<i>Дж</i>)
<i>h</i>	– глубина гипоцентра (<i>км</i>)
<i>t</i>₀	– время возникновения сейсмического события (по Гринвичу)
δ	– погрешность определения эпицентра в целом
δh	– погрешность определения глубины гипоцентра (<i>км</i>)
δt_0	– погрешность определения времени возникновения (<i>с</i>)
$\delta\varphi, \delta\lambda$	– погрешность определения эпицентра по широте и долготе (<i>градус, км</i>)
$\lambda, ^\circ$	– долгота (<i>градус</i>)
<i>E</i>	– восточная долгота
$\varphi, ^\circ$	– широта (<i>градус</i>)
<i>N</i>	– северная широта
<i>I</i>₀	– интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK–64
<i>K</i>	– энергетический класс любой
<i>K</i>_S	– энергетический класс по С.А. Федотову
<i>K</i>_P	– энергетический класс по Т.Г. Раутиан
<i>K</i>_C	– энергетический класс по С.Л. и О.Н. Соловьёвым
<i>M</i>	– магнитуда, идентичная <i>MLH (MS)</i> , пересчитанная из других типов магнитуд

<i>ML</i>	– магнитуа локальная разных агентств
<i>MLH (MLV)</i>	– магнитуа по поверхностной волне Релея <i>LH (LV)</i> (аппаратура типа С, В/LP)
<i>MPH</i>	– магнитуа по волне <i>PH</i> (аппаратура типа С/LP)
<i>MPSP</i>	– магнитуа по волне <i>PV</i> в дальней ($\Delta > 2000$ км) зоне (аппаратура типа А/SP)
<i>MPLP</i>	– магнитуа по волне <i>PV</i> в дальней ($\Delta > 2000$ км) зоне (аппаратура типа С, В/LP)
<i>MPV</i>	– магнитуа по волне <i>PV</i> (аппаратура типа С, В/MP, LP)
<i>MPVA</i>	– магнитуа по волне <i>PV</i> в ближней ($\Delta < 500$ км) зоне (аппаратура типа А/SP)
<i>MS</i>	– магнитуа по поверхностной волне Релея <i>LV</i> (аппаратура типа С, В/LP)
<i>MSH</i>	– магнитуа по волне <i>SH</i> (аппаратура типа С/LP)
<i>MSHA</i>	– магнитуа по волне <i>SH</i> в ближней ($\Delta < 500$ км) зоне (аппаратура типа А/SP)
M_0	– сейсмический момент
<i>M_w</i>	– магнитуа моментная по Канамори

Параметры механизма очага землетрясения

<i>AZM</i>	– азимут осей (<i>градус</i>) главных напряжений
<i>DP</i>	– угол падения (<i>градус</i>) нодальной плоскости
<i>NP1</i>	– первая нодальная плоскость
<i>NP2</i>	– вторая нодальная плоскость
<i>PL</i>	– угол погружения (<i>градус</i>) осей главных напряжений относительно горизонта
<i>SLIP</i>	– угол скольжения (<i>градус</i>) нодальной плоскости
<i>STK</i>	– азимут (<i>градус</i>) простираания нодальной плоскости
<i>T, N, P</i>	– оси главных напряжений: растяжения (<i>T</i>), промежуточного (<i>N</i>), сжатия (<i>P</i>)

Параметры сейсмического режима

A_{10}	– средняя сейсмическая активность (для $K=10$)
<i>F</i>	– эмпирическая функция распределения выделившейся за определенный временной интервал сейсмической энергии
<i>b</i>	– наклон графика повторяемости при использовании магнитудной шкалы
γ	– наклон графика повторяемости при использовании энергетических классов

Приложение

Границы сейсмоактивных регионов России с 2004 г.

(с 01.01.2006 г. изменены границы регионов «Северо-Восток России и Чукотка» и «Камчатка и Командорские острова», с 01.01.2012 г. – «Северный Кавказ», с 01.01.2015 г. – «Курило-Охотский регион»)

№	Регион, территория	Географические координаты углов контуров регионов (широта N – долгота E, град.)				
1	Северный Кавказ	43.0–36.0 48.0–38.0 41.7–45.5	46.0–36.0 48.0–50.0 42.3–45.5	46.0–37.0 41.0–50.0 42.3–40.5	47.0–37.0 41.0–46.5 43.0–40.5	47.0–38.0 41.7–46.5
2	Восточно-Европейская платформа (ВЕП), Урал и Западная Сибирь, в том числе:					
	Восточно-Европейская платформа	48.0–39.0 55.0–30.5 70.0–62.0 48.0–50.0	49.5–39.0 55.0–27.0 66.0–62.0	49.5–34.0 62.0–27.0 66.0–56.0	52.0–34.0 62.0–29.0 50.0–56.0	52.0–30.5 70.0–29.0 50.0–50.0
	Урал	50.0–56.0	66.0–56.0	66.0–62.0	50.0–62.0	
	Западная Сибирь	53.0–62.0 71.0–102.0	70.0–62.0 71.0–108.0	70.0–68.0 60.0–108.0	76.0–68.0 60.0–76.0	76.0–102.0 53.0–76.0
3	Арктика	70.0–29.0 76.0–162.0	90.0–29.0 76.0–68.0	90.0–192.0 70.0–68.0	74.0–192.0	74.0–162.0
4	Алтай и Саяны	46.0–80.0 60.0–76.0	51.0–80.0 60.0–100.0	51.0–78.0 46.0–100.0	53.0–78.0	53.0–76.0
5	Прибайкалье и Забайкалье	48.0–99.0 48.0–122.0	60.0–99.0	60.0–120.0	56.0–120.0	56.0–122.0
6	Приамурье и Приморье	42.0–130.0 50.0–126.0 56.0–140.0 43.0–137.0	46.0–130.0 50.0–124.0 45.0–140.0 43.0–136.0	46.0–128.0 51.0–124.0 45.0–138.0 42.0–136.0	48.0–128.0 51.0–122.0 44.0–138.0	48.0–126.0 56.0–122.0 44.0–137.0
7	Сахалин	45.0–140.0 45.0–144.0	56.0–140.0	56.0–146.0	48.0–146.0	48.0–144.0
8	Курило-Охотский регион	42.0–136.0 45.0–138.0 55.0–153.0 42.0–155.0	43.0–136.0 45.0–144.0 49.0–153.0 42.0–136.0	43.0–137.0 48.0–144.0 49.0–159.0	44.0–137.0 48.0–146.0 45.0–159.0	44.0–138.0 55.0–146.0 45.0–155.0
9	Якутия	56.0–120.0 76.0–102.0 66.0–152.5 56.0–141.0	60.0–120.0 76.0–162.0 64.0–152.5	60.0–108.0 68.0–162.0 64.0–145.2	71.0–108.0 68.0–158.5 62.0–145.2	71.0–102.0 66.0–158.5 62.0–141.0
10	Северо-Восток России	56.0–141.0 66.0–152.5 74.0–172.0 60.0–161.0 58.0–153.0	62.0–141.0 66.0–158.5 63.0–172.0 60.0–159.0 55.0–153.0	62.0–145.2 68.0–158.5 63.0–163.0 59.0–159.0 55.0–146.0	64.0–145.2 68.0–162.0 61.0–163.0 59.0–157.0 56.0–146.0	64.0–152.5 74.0–162.0 61.0–161.0 58.0–157.0
	Чукотка	63.0–172.0 63.0–174.0	74.0–172.0	74.0–192.0	61.0–192.0	61.0–174.0
11	Камчатка и Командорские острова	49.0–153.0 60.0–159.0 63.0–174.0	58.0–153.0 60.0–161.0 56.0–174.0	58.0–157.0 61.0–161.0 56.0–172.0	59.0–157.0 61.0–163.0 49.0–172.0	59.0–159.0 63.0–163.0

Ежегодное научное издание

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ РОССИИ В 2016 ГОДУ

Подготовка и издание ежегодника осуществлены в рамках п. 136 «Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий» Программы ФНИ РАН на 2013–2020 гг.

Компьютерная верстка *С.Г. Пойгина*
Графическое оформление *О.П. Каменская*
Предпечатная подготовка *А.С. Вакуловский*

Подписано к печати 27.03.2018 г.

Усл. печ. л. 26.5.

Тираж 305 экз. Заказ 34.

Отпечатано ООО «Альпринт»
249030, Калужская обл., г. Обнинск, пр. Маркса, д. 14
Тел./факс: (484) 394-47-77. E-mail: 40print@gmail.com