

Российская академия наук
Геофизическая служба

Землетрясения России в 2010 году

Обнинск
2012

УДК 550.348

Землетрясения России в 2010 году. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – 208 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 2010 году. В региональных и сводном каталогах опубликованы основные параметры 7939 землетрясений, полученные по результатам наблюдений 320 сейсмостанций.

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

Редакционная коллегия:

Член-корреспондент РАН А.А. Маловичко (главный редактор), канд. физ.-мат. наук И.П. Габсатарова (ответственный редактор), С.Г. Пойгина (технический редактор), Н.А. Гилева, доктор техн. наук А.Ф. Еманов, канд. физ.-мат. наук Р.С. Михайлова, канд. техн. наук В.Н. Мишаткин, доктор геол.-мин. наук Е.А. Рогожин, канд. физ.-мат. наук В.А. Салтыков, доктор геол.-мин. наук В.С. Селезнев, канд. физ.-мат. наук О.Е. Старовойт, А.Г. Филина, Т.А. Фокина

Рецензенты:

член-корреспондент РАН Г.А. Соболев
доктор физ.-мат. наук, профессор В.И. Уломов

Печатается по решению Ученого совета ГС РАН от 25 апреля 2012 г.

Подготовка и издание ежегодника осуществлены в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 4 «Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений и техногенных катастроф, включая проблемы ускоренного развития атомной энергетики», проект 1.5.

The earthquakes of Russia in 2010. – Obninsk: GS RAS, 2012. – 208 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 2010. The main parameters of 7939 earthquakes obtained by 320 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 (main editor), I.P. Gabsatarova (responsible editor), S.G. Poygina (technical editor), N.A. Gileva, D. Sc. A.F. Emanov, Ph. D. R.S. Mikhailova, Ph. D. V.N. Mishatkin, D. Sc. E.A. Rogozhin, Ph. D. V.A. Saltykov, D. Sc. V.S. Seleznev, Ph. D. O.E. Starovoit, A.G. Filina, T.A. Fokina

Reviewers:

Corresponding member of RAS G.A. Sobolev
Dr., Prof. V.I. Ulomov

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Геофизическая служба Российской академии наук, 2012
ISSN 1819–852X
© Российская академия наук, 2012

Содержание

Введение	8
I. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России	10
I.1. Общие сведения о сейсмичности России <i>И.П. Габсатарова, С.Г. Пойгина</i>	10
I.2. Северный Кавказ <i>И.П. Габсатарова, М.Г. Даниялов, Д.Ю. Мехрюшев, Э.В. Погода, А.Ю. Янков</i>	16
I.3. Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь <i>И.П. Габсатарова, И.В. Голубева, Р.А. Дягилев, В.В. Карпинский, Д.Ю. Мехрюшев, Л.И. Надежка, С.И. Петров, С.П. Пивоваров, С.Г. Пойгина, И.А. Санина, В.И. Французова</i>	21
I.4. Арктика <i>Н.В. Болдырева, С.Г. Пойгина</i>	27
I.5. Алтай и Саяны <i>А.Ф. Еманов, Е.В. Лескова, В.Г. Подкорытова, А.А. Дураченко</i>	28
I.6. Прибайкалье и Забайкалье <i>О.К. Масальский, Н.А. Гилева, В.И. Мельникова, Е.В. Хайдурова</i>	32
I.7. Приамурье и Приморье, Сахалин и Курило-Охотский регион <i>Т.А. Фокина, Е.Н. Дорошкевич, И.П. Кислицына, Н.С. Коваленко, Ю.Н. Левин, В.И. Михайлов</i>	37
I.8. Якутия <i>С.В. Шибаев, Б.М. Козьмин, А.Ф. Петров, К.В. Тимиршин, Д.М. Пересыпкин, Г.В. Лысова, В.Е. Петрова</i>	44
I.9. Северо-Восток России и Чукотка <i>Е.И. Алёшина, Л.В. Гунбина, С.В. Курткин</i>	48
I.10. Камчатка и Командорские острова <i>В.Н. Чебров, С.Я. Дроздина, С.Л. Сеньюков</i>	52
II. Анализ сейсмических данных	59
II.1. Оценка уровня сейсмической активности регионов России <i>В.А. Салтыков, Н.М. Кравченко, С.Г. Пойгина</i>	59
II.2. Количественный анализ сейсмичности Камчатки <i>В.А. Салтыков, Н.М. Кравченко</i>	66
III. Результаты детального сейсмического мониторинга	74
III.1. Непрерывные наблюдения	74
III.1.1. Вулканы Камчатки <i>С.Л. Сеньюков, И.Н. Нуждина, В.Н. Чебров</i>	74
III.1.2. Юг о. Сахалин <i>В.И. Михайлов</i>	79
III.1.3. Центральные и южные районы Красноярского края <i>В.И. Герман, В.Г. Осеев</i>	82
III.1.4. Восточная часть Балтийского щита <i>С.В. Баранов, В.В. Карпинский, Л.М. Мунирова, С.И. Петров</i>	85
III.2. Наблюдения временными сетями	87

III.2.1. Эксперименты по обнаружению наведенной сейсмичности на севере Кузбасса <i>А.В. Фатеев, А.Ф. Еманов, В.Г. Подкорытова, Е.В. Лескова</i>	87
III.2.2. Техногенная сейсмичность шахты «Распадская» <i>А.Ф. Еманов, А.А. Еманов, А.В. Фатеев, Е.В. Лескова, В.С. Селезнёв, О.А. Манушина, А.С. Смоглюк, Е.В. Шевкунова</i>	90
III.2.3. Микросейсмичность района г. Камень-на-Оби, Алтайский край <i>А.Ф. Еманов, У.И. Ворона, А.С. Смоглюк, А.А. Еманов, Е.В. Лескова</i>	96
IV. Сведения о наиболее крупных промышленных взрывах <i>Е.И. Алёшина, В.Э. Асминг, И.П. Габсатарова, С.В. Баранов, М.А. Белевская, Ф.Г. Верхоланцев, С.Г. Волосов, И.В. Голубева, Л.В. Девяткина, Г.А. Денисенко, Р.А. Дягилев, Л.Е. Иванова, Н.М. Леицук, Л.И. Надежка, Л.П. Нахшина, Б.М. Козьмин, О.А. Коломиец, А.И. Гончаров, И.П. Кислицына, Н.С. Коваленко, Р.С. Комарова, Н.Л. Константиновская, В.И. Куликов, Е.В. Лескова, О.А. Манушина, Л.М. Мунирова, М.А. Нестёркина, В.Г. Осеев, И.А. Паришина, С.П. Пивоваров, В.Г. Подкорытова, Л.А. Подлипская, И.А. Санина, Е.А. Селиванова, Е.Н. Старикович, А.Г. Чернецова, А.О. Шаталова, С.С. Шевелёва, Е.В. Шевкунова</i>	100
V. Каталоги землетрясений по различным регионам России	113
V.1. Северный Кавказ <i>Отв. сост.: И.П. Габсатарова, Л.В. Головкова, О.А. Асманов. Сост.: А.Р. Абдуллаева, Л.И. Александрова, С.Р. Амиров, А.М. Гамидова, Л.В. Девяткина, Л.Е. Иванова, И.Ю. Калоева, О.А. Киселева, Н.М. Леицук, Л.С. Малянова, Я.Н. Морозова, З.А. Мусалаева, Э.Н. Петросян, Е.Ю. Сагателова, Е.А. Селиванова, Г.В. Цирихова</i>	116
V.2. Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь <i>Отв. сост.: И.П. Габсатарова, С.В. Баранов, И.В. Голубева, Р.А. Дягилев, Л.И. Надежка, И.А. Санина. Сост.: В.Э. Асминг, Л.П. Нахшина, О.А. Коломиец, М.А. Белевская, Ф.Г. Верхоланцев, С.Г. Волосов, А.И. Гончаров, Н.Л. Константиновская, В.И. Куликов, М.А. Нестеркина, Л.М. Мунирова, С.П. Пивоваров, Е.Н. Старикович</i>	120
V.3. Арктика <i>Отв. сост.: Н.В. Болдырева</i>	122
V.4. Алтай и Саяны <i>Отв. сост.: Е.В. Лескова, В.Г. Подкорытова. Сост.: Г.А. Денисенко, О.А. Манушина, В.Г. Подкорытова, Л.А. Подлипская, С.С. Шевелёва, Е.В. Шевкунова, А.О. Шаталова</i> ...	123
V.5. Прибайкалье и Забайкалье <i>Отв. сост.: Е.В. Хайдурова, Н.А. Гилёва. Сост.: Л.Р. Леонтьева, Л.В. Анисимова, Г.Ф. Дреннова, О.А. Хамидулина, Ю.А. Меньшикова, М.Б. Хороших, Г.В. Курилко, Н.А. Андрусенко, Г.В. Тигунцева, Г.Ф. Дворникова, Г.Ф. Дрокова, Л.В. Павлова, Е.В. Мазаник, Е.Н. Терёшина, Е.С. Зиброва, О.А. Борисова, А.А. Папкина, М.В. Торбеева</i>	125
V.6. Приамурье и Приморье <i>Отв. сост.: Н.С. Коваленко. Сост.: Г.В. Федоркова</i>	133
V.7. Сахалин <i>Отв. сост.: И.П. Кислицына. Сост.: А.С. Сохатюк, И.В. Децик</i>	135
V.8. Курило-Охотский регион <i>Отв. сост.: Е.Н. Дорошкевич. Сост.: М.В. Пиневиц, Ж.В. Гладырь, С.В. Швидская</i>	140
V.9. Якутия <i>Отв. сост.: Б.М. Козьмин, С.В. Шибяев, К.В. Тимиршин. Сост.: В.Е. Петрова, А.С. Каратаева, Т.П. Москаленко</i>	153
V.10. Северо-Восток России <i>Отв. сост.: Е.И. Алёшина. Сост.: Р.С. Комарова</i>	156
V.11. Чукотка <i>Отв. сост.: Е.И. Алёшина. Сост.: Р.С. Комарова</i>	159

V.12.	Камчатка и Командорские острова <i>Отв. сост.: С.Я. Дроздина. Сост.: Н.И. Козлова, З.А. Назарова, Е.А. Карпенко, Н.А. Напылова, О.А. Напылова, М.В. Демянчук, С.В. Митюшкина, А.А. Раевская</i>	160
V.13.	Вулканические районы Камчатки	168
	Северная группа вулканов <i>Отв. сост.: И.Н. Нуждина. Сост.: Т.Ю. Кожевникова, С.Л. Толокнова, О.А. Напылова, Н.А. Напылова, М.В. Демянчук, О.В. Соболевская</i>	168
	Авачинская группа вулканов <i>Отв. сост.: И.Н. Нуждина. Сост.: Т.Ю. Кожевникова, С.Л. Толокнова, О.А. Напылова, Н.А. Напылова, М.В. Демянчук, О.В. Соболевская</i>	170
	Вулкан Кизимен <i>Отв. сост.: И.Н. Нуждина. Сост.: Т.Ю. Кожевникова, С.Л. Толокнова, О.А. Напылова, Н.А. Напылова, М.В. Демянчук, О.В. Соболевская</i>	172
	Вулканы Горелый и Мутновский <i>Отв. сост.: И.Н. Нуждина. Сост.: Т.Ю. Кожевникова, С.Л. Толокнова, О.А. Напылова, Н.А. Напылова, М.В. Демянчук, О.В. Соболевская</i>	175
V.14.	Юг о. Сахалин <i>Отв. сост.: И.А. Паришина. Сост.: И.В. Децик, А.И. Рунова, В.Н. Ферчева</i>	176
V.15.	Центральные и южные районы Красноярского края <i>Отв. сост.: В.Г. Осеев</i>	180
V.16.	Восточная часть Балтийского щита <i>Сост.: В.Э. Асминг, С.В. Баранов, Л.П. Нахшина, О.А. Коломиец</i>	182
V.17.	Север Кузбасса <i>Отв. сост.: А.В. Фатеев. Сост.: В.Г. Подкорытова, А.Г. Филина</i>	183
V.18.	Шахта «Распадская» <i>Отв. сост.: А.В. Фатеев. Сост.: О.А. Манушина, Е.В. Шевкунова, А.С. Смоглюк</i>	184
V.19.	Район г. Камень-на-Оби, Алтайский край <i>В.И. Ворона, А.С. Смоглюк</i>	186
VI.	Механизмы очагов отдельных землетрясений России <i>Н.А. Гилёва, Ж.В. Гладырь, И.В. Голубева, Е.И. Иванова, Л.С. Малянова, В.И. Мельникова, Д.А. Сафонов</i>	187
VII.	Электронные приложения на компакт-диске	192
VII.1.	Содержание электронного приложения	192
VII.2.	Сводный каталог землетрясений на территории России	194
VII.3.	Сейсмологические бюллетени сильных землетрясений	194
VII.4.	Уточненный каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2008 год <i>Отв. сост.: А.Ю. Чеброва, Н.А. Шевченко. Сост.: Г.М. Бахтиярова, Т.С. Лепская, С.В. Митюшкина, С.А. Пархоменко, Л.В. Пилипенко, А.А. Раевская</i>	195
VII.5.	Интерактивный электронный интерфейс к базе сейсмологических данных <i>П.А. Борисов</i>	195
	Сокращенные обозначения и аббревиатуры	196
	Литература	199
	Приложение 1. Границы сейсмоактивных регионов России	203
	Приложение 2. О глобальной сейсмической активизации 2010 года <i>В.И. Уломов</i>	204

Contents

Introduction	8
I. Results of seismic monitoring in different regions of Russia	10
I.1. General information about seismic activity of Russia	10
I.2. Northern Caucasus	16
I.3. East-European platform, Ural Mountains and Western Siberia	21
I.4. Arctic Basin	27
I.5. Altai and Sayan Mountains	28
I.6. Lake Baykal and Transbaykal regions	32
I.7. Priamurye and Primorye, Sakhalin and Kuril-Okhotsk region	37
I.8. Yakutia	44
I.9. North-East region of Russia and Chukotka	48
I.10. Kamchatka and Komandor Islands	52
II. Analysis of seismic data	59
II.1. Estimation of seismic activity level of Russian regions	59
II.2. Quantitative analysis of Kamchatka seismic activity	66
III. Results of detailed seismic monitoring	74
III.1. Continuous observations	74
III.1.1. Kamchatka volcanoes	74
III.1.2. Southern Sakhalin	79
III.1.3. Central and Southern regions of Krasnoyarskiy Krai	82
III.1.4. Eastern part of the Baltic shield	85
III.2. Observations by temporary networks	87
III.2.1. Experiments on detection of the induced seismicity in the north of Kuzbas	87
III.2.2. Technogenic seismicity of Rospadskaya mine	90
III.2.3. Microseismicity of Kamen`-na-Obi region, Altaiskiy Krai	96
IV. Information about most significant industrial explosions	100
V. Catalogues of the earthquakes for different regions of Russia	113
V.1. Northern Caucasus	116
V.2. East-European platform, Ural Mountains and Western Siberia	120
V.3. Arctic Basin	122
V.4. Altai and Sayan Mountains	123
V.5. Lake Baykal and Transbaykal regions	125
V.6. Priamurye and Primorye	133
V.7. Sakhalin	135

V.8.	Kuril-Okhotsk region	140
V.9.	Yakutia	153
V.10.	North-East region of Russia	156
V.11.	Chukotka	159
V.12.	Kamchatka and Komandor Islands	160
V.13.	Volcano regions of Kamchatka	168
	Northern group of volcanoes	168
	Avacha group of volcanoes	170
	Volcano Kizimen	172
	Volcanoes Gorelyy and Mutnovsky	175
V.14.	Southern Sakhalin	176
V.15.	Central and Southern regions of Krasnoyarskiy Krai	180
V.16.	Eastern part of the Baltic shield	182
V.17.	The north of Kuzbas	183
V.18.	Raspadskaya mine	184
V.19.	Kamen`-na-Obi region, Altaiskiy Krai	186
VI.	Focal mechanisms of some earthquakes of Russia	187
VII.	Electronic appendices on a compact disc	192
VII.1.	Contents of the electronic appendix	192
VII.2.	Summary catalogue of Russian territory earthquakes	194
VII.3.	Seismological bulletins of the strong earthquakes	194
VII.4.	The improved quality catalogue of the earthquakes of Kamchatka and Komandor Islands for 2008	195
VII.4.	Interactive electronic interface for seismological database	195
	Abbreviations	196
	Bibliography	199
	Appendix 1. Seismoactive regional borders of Russia	203
	Appendix 2. Whether the increased global seismic activity of 2010 is casual?	204

Введение

Настоящий ежегодник является продолжением серии [*Землетрясения России, 2006–2011*], начатой в 2006 г. изданием сборника «Землетрясения России в 2003 году», и включает информацию о землетрясениях, произошедших на территории Российской Федерации в 2010 году. Параметры землетрясений получены по результатам сейсмологических наблюдений во всех регионах России, где развернуты стационарные сейсмические сети подразделений Геофизической службы РАН (ГС РАН), ГС СО РАН и других организаций, работающих в тесном контакте с ГС РАН и использующих сходные технологии регистрации и обработки. В 2010 г. число сейсмических станций достигло 320.

В разделе I помещены краткие обзорные статьи о сейсмическом мониторинге регионов и территорий в 2010 г., включающие информацию о сейсмических станциях региональных сетей, карты расположения станций и эпицентров зарегистрированных землетрясений.

В разделе II приведены результаты оценки уровней сейсмической активности за 2010 г. во всех регионах Российской Федерации. Здесь же представлены материалы количественного анализа сейсмичности для одного из наиболее сейсмоактивных регионов России – Камчатки и Командорских островов.

Почти во всех регионах России уровень сейсмичности отмечен как фоновый средний (раздел II), не превышающий наблюдаемого в предыдущем году. Самый высокий уровень сейсмичности отмечен в регионе Приамурье-Приморье, где 18 февраля произошло сильнейшее землетрясение года на территории Российской Федерации с $M=6.6$.

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 исследуемый период высокая сейсмическая активность наблюдалась на вулканах Шивелуч, Ключевской, Кизимен и Карымский.

Алтае-Саянский филиал ГС СО РАН продолжил детальное изучение сейсмических процессов с использованием временных локальных сетей в Алтайском крае, а также наведенной сейсмичности на севере Кузбасса (раздел III.2).

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 ГС РАН и ГС СО РАН в семи регионах России (раздел IV).

В разделе V опубликованы параметры механизмов очагов и диаграмм в нижней полусфере для 48 сильных землетрясений России. Все эти механизмы построены по знакам первых движений в P -волне с использованием данных региональных и телесеизмических станций.

Для удобства пользования материалами сейсмического мониторинга, включающими каталоги землетрясений и списки станций, на прилагаемом к книге оптическом

компакт-диске размещена полная электронная версия ежегодника. Предлагается автоматическая установка БД «Землетрясения России», снабженная интерфейсом электронного ежегодника, позволяющим производить выборку данных о землетрясениях России и сейсмических станциях за 2003–2010 гг. в виде таблиц с визуализацией на картах.

В то время как на территории Российской Федерации в 2010 г. наблюдалось снижение уровня сейсмической активности, в глобальном масштабе этот год ознаменовался целым рядом природных катастроф, о чем говорится в статье доктора физ.-мат. наук, профессора В.И. Уломова (Институт физики Земли РАН им. О.Ю. Шмидта, ulomov@ifz.ru) (Приложение 2).

На первой стороне обложки – карта расположения эпицентра самого сильного землетрясения России в 2010 г. с $M=6.6$, произошедшего 18 февраля в Приморском крае, в заливе Посьета Японского моря.

V. Каталоги землетрясений по различным регионам России

Региональные каталоги землетрясений за 2010 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 $\lg E = 11.8 + 1.5 \cdot M$ [Gutenberg, Richter, 1956] согласно рекомендациям [Кондорская и др., 1993].

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 ГС РАН и региональных каталогах подразделений ГС РАН и ГС СО РАН по описанным ниже формулам в соответствии с [Раутиан, 1960; Раутиан, 1964; Соловьев, Соловьева, 1967; Федотов, 1972; Раутиан, Халтурин и др., 1981; Кондорская и др., 1993].

Общий подход к методике расчета магнитуды M из магнитуд, публикуемых в Сейсмологическом бюллетене ГС РАН (код сети в каталогах – OBN):

– если определена по инструментальным данным MS :

$$M = MS \quad (h \leq 70),$$

$$M = MS + 0.8 \quad (h > 70);$$

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

$$M = 1.59 \cdot MPLP - 3.97 \quad (h \leq 70),$$

$$M = 1.59 \cdot MPSP - 3.67 \quad (h \leq 70),$$

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

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

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

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

Северный Кавказ

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

Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь

а) Сейсмологический бюллетень ГС РАН:

$$M = MS,$$

$$M = 1.59 \cdot MPLP - 3.97,$$

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

б) каталог лаборатории сейсмического мониторинга ВКМ ГС РАН:

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

в) каталог Кольского филиала ГС РАН, корреляционная зависимость будет уточняться по мере накопления данных:

$$M \approx ML - 0.2;$$

г) каталог ГС РАН для восточной части Балтийского щита, корреляционная зависимость будет уточняться по мере накопления данных:

$$M \approx ML;$$

д) каталог, составленный ГС РАН совместно с ГИ УрО РАН (г. Пермь), корреляционная зависимость уточнена в 2008 г.:

$$M \approx ML - 0.5;$$

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

$$M \approx ML - 0.5.$$

Арктика

$$M = MS,$$

$$M = 1.59 \cdot MPLP - 3.97,$$

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

Алтай и Саяны

$$M = (K_p - 4) / 1.8 \quad (K_p < 13.0),$$

$$M = M_c / 0.9 - 0.56 \quad (K_p \geq 13.0).$$

Прибайкалье и Забайкалье

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

$$M = (K_p - 8.1) / 1.16 \quad (K_p > 14.0).$$

Приамурье и Приморье

а) для всех землетрясений (коровых и глубоких):

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

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

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

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

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

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

в) для землетрясений с $h > 70$ км:

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

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

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

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

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

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

Сахалин

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

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

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

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

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

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

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

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:

$$M=MLH,$$

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

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

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

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

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

б) для землетрясений с $h > 70$ км:

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

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

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

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

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

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

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

Якутия

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

Северо-Восток России и Чукотка

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

$$M=(K_P-8.1)/1.1 \quad (K_P > 14.0).$$

Камчатка и Командорские острова

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

Сокращенные обозначения и аббревиатуры

ВЕП	– Восточно-Европейская платформа
ГС РАН	– Учреждение Российской академии наук Геофизическая служба РАН
ГС СО РАН	– Геофизическая служба Сибирского отделения Российской академии наук
ГТУ	– горно-тектонический удар
ГЭС	– гидроэлектростанция
ДВЗЯИ	– Договор о всеобщем запрещении ядерных испытаний
ДВО РАН	– Дальневосточное отделение Российской академии наук
ИГИ НЯЦ РК	– Институт геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан
КМА	– Курская магнитная аномалия
КМВ	– Кавказские Минеральные Воды
МЧС	– Министерство по чрезвычайным ситуациям
MSK-64	– Международная макросейсмическая шкала [Медведев, 1968]
РЭС	– Российский экспертный совет
СУБР	– Североуральский бокситовый рудник
УрО РАН	– Уральское отделение Российской академии наук
ХМАО	– Ханты-Мансийский автономный округ
ЧАО	– Чукотский автономный округ
ARRAY	– сейсмическая микрогруппа
A_{10}	– средняя сейсмическая активность (для $K=10$)
AZM	– азимут осей (<i>градус</i>) главных напряжений
CD-ROM	– электронный оптический компакт-диск (CD) только для чтения (ROM – read only memory)
DP	– угол падения (<i>градус</i>) нодальной плоскости
E	– сейсмическая энергия (<i>Дж</i>)
E	– восточная долгота
G	– масса взрывчатого вещества (<i>m</i>)
GMT	– the Generic Mapping Tools – программный комплекс
GPS	– Global Positioning System – Глобальная система позиционирования
GSN	– Глобальная сейсмическая сеть
h	– высота станции над уровнем моря (<i>m</i>); глубина гипоцентра (<i>км</i>)
I_0	– интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64
IMS	– Международная система мониторинга
ISC	– Международный сейсмологический центр (Ньюбери, Англия)
ISF	– Международный формат IASPEI Seismic Format [http://www.isc.ac.uk/Documents/isf.pdf].
F	– эмпирическая функция распределения выделившейся за определенный временной интервал сейсмической энергии

<i>K</i>	– энергетический класс любой
<i>K_S</i>	– энергетический класс по С.А. Федотову [Федотов, 1972]
<i>K_P</i>	– энергетический класс по Т.Г. Раутиан [Раутиан, 1960, 1964]
<i>K_C</i>	– энергетический класс по С.Л. и О.Н. Соловьевым [Соловьев, Соловьева, 1967]
<i>M</i>	– магнитуда расчетная <i>MLH</i>
<i>M_L</i>	– магнитуда локальная разных агентств
<i>MLH (MLV)</i>	– магнитуда по поверхностной волне Рэлея <i>LH (LV)</i> (аппаратура типа С, В/LP)
<i>MPH</i>	– магнитуда по волне <i>PH</i> (аппаратура типа С/LP)
<i>MPSP</i>	– магнитуда по волне <i>PV</i> в дальней ($\Delta > 2000$ км) зоне (аппаратура типа А/SP)
<i>MPLP</i>	– магнитуда по волне <i>PV</i> в дальней ($\Delta > 2000$ км) зоне (аппаратура типа С, В/LP)
<i>MPV</i>	– магнитуда по волне <i>PV</i> (аппаратура типа С, В/MP, LP)
<i>MPVA</i>	– магнитуда по волне <i>PV</i> в ближней ($\Delta < 500$ км) зоне (аппаратура типа А/SP)
<i>MS</i>	– магнитуда по поверхностной волне Рэлея <i>LV</i> (аппаратура типа С, В/LP)
<i>MSH</i>	– магнитуда по волне <i>SH</i> (аппаратура типа С/LP)
<i>MSHA</i>	– магнитуда по волне <i>SH</i> в ближней ($\Delta < 500$ км) зоне (аппаратура типа А/SP)
<i>M_w</i>	– магнитуда моментная по Канамори [Kanamori, 1977]
<i>M_C</i>	– магнитуда по коде
<i>N</i>	– северная широта
<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>) простирания нодальной плоскости
<i>T, N, P</i>	– оси главных напряжений: растяжения (<i>T</i>), промежуточного (<i>N</i>), сжатия (<i>P</i>)
<i>t₀</i>	– 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>c</i>)
$\delta\varphi, \delta\lambda$	– погрешность определения эпицентра по широте и долготе (<i>градус</i>)
$\lambda, ^\circ$	– долгота (<i>градус</i>)
$\varphi, ^\circ$	– широта (<i>градус</i>)
<i>b</i>	– наклон графика повторяемости при использовании магнитудной шкалы
γ	– наклон графика повторяемости при использовании энергетических классов

Оборудование

СКМ-3, СКМ, СКМ-3М	– сейсмометр короткопериодный
СМ-3, СМ-3В, СМ-3КВ	– " –
A-1638	– " –
GS-13	– " –
LE-3Dlite	– " –
Kinematics	– " –
SV1/SH1	– " –
S-500	– " –
СКД, СКД-КПЧ, СКД-РЗЗ	– сейсмометр длиннопериодный
СМ-30С	– сейсмометр широкополосный
CMG-3ESP, CMG-3ESPC	– " –
CMG-3T, CMG-6TD	– " –
CMG-40T, CMG-40T-1	– " –
KS-2000	– " –
L4C-3D	– " –
STS-1, STS-1V, STS-2	– " –
K34000	– сейсмометр скважинный широкополосный
CMG-5T, CMG-5TD	– акселерометр
FBA-23	– " –
JEK-6A3	– " –
АСЗ, АСПЗ-2	– прибор для записи сильных движений
ОСП, ОСП-2М	– " –
С5С, ИСО-2М	– " –
СМШ-2	– " –
ССРЗ, ССРЗ-М	– " –
SMART-24	– " –
PAR-24В	– аналого-цифровой преобразователь
PAR-4СН	– " –
Quanterra 4120	– сейсмический регистратор
SDAS	– " –
UGRA	– " –
Байкал-10, Байкал-11	– цифровая система сбора данных
Дельта-Геон	– " –
PTC, PTCC	– " –
СЦСС	– цифровая система сбора данных
УБОПЭ-2	– " –
ЦСС DAT-5A	– " –
СМЕ-4011	– " –
Datamark	– " –
LS-7000XT	– " –
GBV-316, GBV-316B	– " –
GSR-24, GSR-24A	– " –
IRIS/USGS	– " –
IRIS/IDA, IRIS/IDA MK8	– " –
IRIS MK-6	– " –
OYO Geospace SeisMonitor	– " –

Литература

Аптекман Ж.Я., Желанкина Т.С., Кейлис-Борок В.И., Писаренко В.Ф., Поплавская Л.Н., Рудик М.И., Соловьев С.Л. Массовое определение механизмов очагов землетрясений на ЭВМ // Теория и анализ сейсмологических наблюдений. Вычислительная сейсмология. – М., 1979. – Вып. 12. – С. 45–58.

Аптекман Ж.Я., Захарова А.И., Кронрод Т.Л., Чепкунас Л.С. Представление данных о механизме очагов землетрясений. Введение международного формата. Землетрясения в СССР в 1985 году. – М.: Наука, 1988. – С.11–15.

Балакина Л.М., Введенская А.В., Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. – М.: Наука, 1972. – 191 с.

Введенская А.В. Определение полей смещений при землетрясениях с помощью теории дислокаций // Известия АН СССР. Серия геофизическая. – 1956. – № 3. – С. 153–158.

Введенская А.В. Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений с помощью теории дислокаций. – М.: Наука, 1969. – 136 с.

Верхоланцев Ф.Г., Дягилев Р.А. Качканарское землетрясение 29 марта 2010 г. Макросейсмические проявления // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 46–55.

Виноградов А.Н. Справка о техногенном землетрясении 21 октября 2010 г. в поселке Кукисвумчорр (г. Кировск) Мурманской области. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2010.

Виноградов А.Н., Баранов С.В., Виноградов Ю.А., Асминг В.Э. Сейсмогенные зоны северной части Балтийского щита // Активные геологические и геофизические процессы в литосфере. Методы, средства и результаты изучения. Материалы XII Международной конференции. Т.1. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2006. – С. 115–120.

Виноградов Ю.А., Виноградов А.Н., Кровотынцев В.А. Применение геофизических методов для дистанционного контроля динамики процессов деструкции ледовых покровов Арктики // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Шестой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 87–89.

Габсатарова И.П. Определение магнитуды MLV по поверхностным волнам региональных событий Кольского полуострова // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Шестой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 107–113.

Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Левина В.И. и др. Система сейсмологических наблюдений на Камчатке // Вулканология и сейсмология. – 2006. – № 3. – С. 6–27.

Дрознин Д.В., Дрознина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. – М.: ИФЗ РАН, 2010. – Т. 46, № 3. – С. 22–34.

Дягилев Р.А., Голубева И.В. Параметры Качканарского землетрясения 29 марта 2010 г. по инструментальным данным // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 89–93.

Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.А., Фатеев А.В., Сёмин А.Ю. Сейсмический мониторинг района г. Осинники (Кемеровская область) // Землетрясения в России в 2005 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 63–65.

Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В., Шевкунова Е.В., Манушина О.А., Демидова А.А., Ворона У.И., Смоглюк А.С. Наблюдения временными сетями. Экспериментальные исследования триггерных эффектов в развитии наведенной сейсмичности в Кузбассе // *Землетрясения России в 2009 году*. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 92–102.

Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Фатеев А.В., Семин А.Ю. Сейсмические активизации при разработке угля в Кузбассе // *Физическая мезомеханика*. – 2009. – Т. 12, № 1. – С. 37–43.

Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В., Подкорытова В.Г., Манушина О.А., Рубцова А.В. Алтай и Саяны // *Землетрясения Северной Евразии*, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 154–167.

Жалковский Н.Д., Кучай О.А., Мучная В.И. Сейсмичность и некоторые характеристики напряженного состояния земной коры Алтае-Саянской области // *Геология и геофизика*. – 1995. – № 36 (10). – С. 20–30.

Жалковский Н.Д., Мучная В.И. Некоторые результаты макросейсмических исследований сильных землетрясений Алтае-Саянской области // *Сейсмичность Алтае-Саянской области*. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1975. – С. 28–41.

Жалковский Н.Д., Цибульчик Г.М., Шебалин Н.В. Землетрясение в г. Камень-на-Оби 15 февраля 1965 году // *Доклады АН СССР. Серия «Математическая физика»*. – 1965. – Т. 165, № 2. – С. 327–328.

Землетрясения России в 2003 году / Гл. ред. чл.-корр. РАН А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – 112 с.: ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Землетрясения России в 2004 году / Гл. ред. чл.-корр. РАН А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – 140 с.: ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Землетрясения России в 2005 году / Гл. ред. чл.-корр. РАН А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – 180 с.: ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Землетрясения России в 2006 году / Гл. ред. чл.-корр. РАН А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – 216 с.: ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Землетрясения России в 2007 году / Гл. ред. чл.-корр. РАН А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – 220 с.: ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Землетрясения России в 2008 году / Гл. ред. чл.-корр. РАН А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – 224 с.: ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Землетрясения России в 2009 году / Гл. ред. чл.-корр. РАН А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – 208 с.: ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Каталоги Камчатского филиала Геофизической службы РАН. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.emsd.ru>.

Ландер А.В. Комплекс программ определения механизмов очагов землетрясений и их графического представления // *Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов (01.01.2003–31.12.2003) / Отчет КОМСП ГС РАН*. – Петропавловск-Камчатский, 2004.

Левина В.И., Иванова Е.И., Ландер А.В., Чеброва А.Ю., Гусев А.А., Гусева Е.М. Камчатка и Командорские острова // *Землетрясения Северной Евразии*, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 181–192.

Левина В.И., Митюшкина С.В., Ландер А.В., Чеброва А.Ю. Сейсмичность Камчатского региона за 50 лет детальных наблюдений // *Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Третьей научно-технической конференции / Отв. ред. В.Н. Чебров*. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 43–47.

Медведев С.В. Международная шкала сейсмической интенсивности // *Сейсмическое районирование СССР*. – М.: Наука, 1968. – С. 158–162.

Мельников Ю.Ю. Пакет программ для определения координат гипоцентров землетрясений Камчатки на ЭВМ // *Вулканология и сейсмология*. – 1990. – № 5. – С. 103–112.

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

Молчан Г.М., Дмитриева О.Е. Идентификация афтершоков: обзор и новые подходы // Современные методы обработки сейсмологических данных. Вычислительная сейсмология. Вып. 24. – М.: Наука, 1991. – С. 19–50.

Николаева С.Б., Евзеров В.Я., Петров С.И. Сейсмичность Кольского региона в голоцене // Проблемы современной сейсмогеологии и геодинамики центральной и восточной Азии. Материалы Всероссийского совещания с международным участием. Т.2. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2007. – С. 44–48.

Пийп Б.И. Вулкан Кизимен // Бюллетень вулканологической станции на Камчатке. – 1946. – № 13. – С. 22–32.

Поплавский А.А., Куликов Е.А., Поплавская Л.Н. Методы и алгоритмы автоматизированного прогноза цунами. – М.: Наука, 1988. – 128 с.

Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. Труды ИФЗ АН СССР, № 32(199). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.

Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. Глава 4. Труды ИФЗ АН СССР, № 9(176) / *Отв. ред. Ю.В. Ризниченко.* – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 75–113.

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., Шенгеляя И.С. Экспериментальные исследования сейсмической коды / *Отв. ред. И.Л. Нерсесов.* – М.: Наука, 1981. – С. 85.

Ризниченко Ю.В. Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент // Исследования по физике землетрясений. – М.: Наука, 1976. – С. 9–27.

Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.

Салтыков В.А. Формализованная оценка уровня сейсмичности на примере Камчатки и Байкальского региона // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Четвертой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 178–182.

Салтыков В.А., Кравченко Н.М. Количественный анализ сейсмичности Камчатки // Землетрясения России в 2008 году. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 64–73.

Сейсмическое районирование территории Российской Федерации – ОСР-97 // Карта на 4-х листах / Гл. ред. *Страхов В.Н., Уломов В.И.* ОИФЗ РАН. – М.: НПП «Текарт», 2000.

Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2003–2010 гг. / *Отв. ред. О.Е. Старовойт.* – Обнинск: ГС РАН, 2003–2011.

Сейсмологический бюллетень Украины за 2010 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКО-СИ-Геофизика», 2011. – С. 110–111.

Семибаламут В.М., Рыбушкин А.Ю. Комплекс автономных регистраторов сейсмических сигналов высокого разрешения // Проблемы сейсмологии Третьего тысячелетия. Материалы Международной геофизической конференции. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – С. 120–128.

Сенюков С.Л., Нуждина И.Н., Дроздина С.Я., Гарбузова В.Т., Кожевникова Т.Ю., Соболевская О.В. Сейсмичность вулкана Кизимен // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Третьей научно-технической конференции. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 140–144.

Соболев Г.А. Стадии подготовки сильных Камчатских землетрясений // Вулканология и сейсмология. – 1999. – № 4/5. – С. 63–72.

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.

Страхов В.Н., Уломов В.И., Шумилина Л.С. Общее сейсмическое районирование территории России и сопредельных стран // Физика Земли. – 1998. – № 10. – С. 92–96.

Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. – М.: ОИФЗ РАН, 1999. – 57 с.

Федотов С.А. Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.

Федотов С.А., Соломатин А.В., Чернышев С.Д. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на 2006–2011 гг. и успешный прогноз Средне-курильского землетрясения 15.XI.2006 г., $M_S=8.2$ // Вулканология и сейсмология. – 2008. – № 3. – С. 3–25.

Чебров В.Н. Развитие системы сейсмологических наблюдений для целей предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России // Вестник КРАУНЦ. Серия «Науки о Земле». – 2007. – № 1, вып. 9. – С. 27–36.

Чебров В.Н., Воронаев В.Ф., Дроздин Д.В., Сергеев В.А., Шевченко Ю.В. Развитие сети цифровых сейсмических станций Камчатки // Геофизический мониторинг Камчатки. Материалы научно-технической конференции. – Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2006. – С. 13–20.

Чебров В.Н., Гусев А.А., Гусяков В.К., Мишаткин В.Н., Поплавский А.А. Концепция развития системы сейсмологических наблюдений для целей предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России // Сейсмические приборы. – 2009. – Т. 45, № 4. – С. 41–57.

Чебров В.Н., Дроздин Д.В., Захарченко Н.З., Мишаткин В.Н., Сергеев В.А., Синицын В.И., Шевченко Ю.В. Опорная сейсмическая станция «Петропавловск» для Службы предупреждения о цунами // Сейсмические приборы. – 2010. – Т. 46, № 1. – С. 5–15.

Чебров В.Н., Дроздина С.Я., Сеньюков С.Л. Камчатка и Командорские острова (см. раздел I.10 в настоящем сборнике).

Шебалин Н.В. Сильные землетрясения. Избранные труды. – М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. – 542с.

International Seismological Center [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.isc.ac.uk/search/bulletin/circular.html>.

International Seismological Center. IASPEI Seismic Format [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.isc.ac.uk/Documents/isf.pdf>.

Gutenberg B., Richter C. Magnitude and energy of earthquakes // *Ann. di Geofisica*. – 1956. – Vol. 1, N 9. – P. 1–15.

Hicks E.C., Kværna T., Mykkeltveit S., Schweitzer J., Ringdal F. Travel-times and attenuation relations for regional phases in the Barents Sea Region // *Pure and Applied Geophysics*. – January, 2004. – Vol. 161, N 1. – P. 1–19.

NEIC USA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://earthquake.usgs.gov>.

Seismic events in Northern Europe. 2010. Final monthly bulletin Institute of Seismology / Ed. P. Heikkinen. – Finland, Helsinki, 2010.

Uski M. Local magnitude relations for earthquakes recorded in Finland // *Phil. Lic. thesis in geophysics, Dept. of Geophysics*. – University of Helsinki, 1997.

Utsu T. A statistical study on the occurrence of aftershocks // *Geoph. Magazine*. – 1961. – Vol. 30. – P. 521–605.

Weimer S. A software package to analyze seismicity: ZMAP // *Seism. Res. Lett.* – 2001. – Vol. 72. – P. 373–382.

Приложение 1

**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»)**

№	Регион, территория	Географические координаты углов контуров регионов (широта N– долгота E, град.)				
1	Северный Кавказ	43.0–36.0	46.0–36.0	46.0–37.0	47.0–37.0	47.0–38.0
		48.0–38.0	48.0–50.0	41.0–50.0	41.0–46.5	41.7–46.5
		41.7–45.5	42.3–45.5	42.3–43.0	43.0–43.0	
2	Восточно-Европейская платформа (ВЕП), Урал и Западная Сибирь, в том числе:					
	Восточно-Европейская платформа	48.0–39.0	49.5–39.0	49.5–34.0	52.0–34.0	52.0–30.5
		55.0–30.5	55.0–27.0	62.0–27.0	62.0–29.0	70.0–29.0
		70.0–62.0	66.0–62.0	66.0–56.0	50.0–56.0	50.0–50.0
		48.0–50.0				
	Восточная часть Балтийского щита	60.0–25.0	75.0–25.0	75.0–42.0	60.0–42.0	
Урал	50.0–56.0	66.0–56.0	66.0–62.0	50.0–62.0		
Западная Сибирь	53.0–62.0	70.0–62.0	70.0–68.0	76.0–68.0	76.0–102.0	
	71.0–102.0	71.0–108.0	60.0–108.0	60.0–76.0	53.0–76.0	
Калининградская область	54.3–19.5	55.3–19.5	55.3–23.0	54.3–23.0		
3	Арктика	70.0–29.0	90.0–29.0	90.0–192.0	74.0–192.0	74.0–162.0
		76.0–162.0	76.0–68.0	70.0–68.0		
4	Алтай и Саяны	46.0–80.0	51.0–80.0	51.0–78.0	53.0–78.0	53.0–76.0
		60.0–76.0	60.0–100.0	46.0–100.0		
5	Прибайкалье и Забайкалье	48.0–99.0	60.0–99.0	60.0–120.0	56.0–120.0	56.0–122.0
		48.0–122.0				
6	Приамурье и Приморье	42.0–130.0	46.0–130.0	46.0–128.0	48.0–128.0	48.0–126.0
		50.0–126.0	50.0–124.0	51.0–124.0	51.0–122.0	56.0–122.0
		56.0–140.0	45.0–140.0	45.0–138.0	44.0–138.0	44.0–137.0
		43.0–137.0	43.0–136.0	42.0–136.0		
7	Сахалин	45.0–140.0	56.0–140.0	56.0–146.0	48.0–146.0	48.0–144.0
		45.0–144.0				
8	Курило-Охотский регион	42.0–144.0	48.0–144.0	48.0–146.0	55.0–146.0	55.0–153.0
		49.0–153.0	49.0–159.0	45.0–159.0	45.0–155.0	42.0–155.0
9	Якутия	56.0–120.0	60.0–120.0	60.0–108.0	71.0–108.0	71.0–102.0
		76.0–102.0	76.0–162.0	68.0–162.0	68.0–158.5	66.0–158.5
		66.0–152.5	64.0–152.5	64.0–145.2	62.0–145.2	62.0–141.0
		56.0–141.0				
10	Северо-Восток России	56.0–141.0	62.0–141.0	62.0–145.2	64.0–145.2	64.0–152.5
		66.0–152.5	66.0–158.5	68.0–158.5	68.0–162.0	74.0–162.0
		74.0–172.0	63.0–172.0	63.0–163.0	61.0–163.0	61.0–161.0
		60.0–161.0	60.0–159.0	59.0–159.0	59.0–157.0	58.0–157.0
		58.0–153.0	55.0–153.0	55.0–146.0	56.0–146.0	
	Чукотка	63.0–172.0	74.0–172.0	74.0–192.0	61.0–192.0	61.0–174.0
	63.0–174.0					
11	Камчатка и Командорские острова	49.0–153.0	58.0–153.0	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	49.0–172.0	

О глобальной сейсмической активизации 2010 года

Профессор В.И. Уломов, ИФЗ РАН

Начало 2010 г. ознаменовалось целым рядом природных катастроф глобального масштаба. Одно за другим возникли сильнейшие землетрясения на Соломоновых островах (3 января), на Гаити (12 января), у берегов Чили (27 февраля), на границе Калифорнии и Мексики (4 апреля), в Китае (14 апреля). Апогеем стали два очень мощных извержения вулканов. Крупнейшее за последние полвека извержение произошло в Чили. Гигантское извержение в Исландии приостановило на несколько дней деятельность авиационной отрасли многих стран.

Все землетрясения сопровождались значительными разрушениями и многочисленными человеческими жертвами. В результате подземного толчка с магнитудой $M_w=7.1$ на Гаити практически полностью был разрушен город Порт-о-Пренс – столица и главный порт страны. Под развалинами города исчезли густонаселенные кварталы. Погибло свыше 270 тысяч человек. Миллионы жителей остались без крова.

Одно из самых крупных землетрясений за последние полвека случилось у побережья Чили. Оно имело магнитуду $M_w=8.8$, сопровождалось цунами и привело к большим разрушениям и человеческим жертвам. Магнитуда наиболее сильных повторных толчков достигала $M_w=8.0$. Это землетрясение было крупнейшим после Чилийского с $M_w=9.5$, произошедшего 22 мая 1960 г. в 230 км южнее.

Землетрясение 14 апреля с $M_w=6.9$ в Тибете, в провинции Цинхай, на северо-западе Китая, повлекло за собой опустошительные разрушения и человеческие жертвы.

В приведенной здесь краткой заметке показаны закономерности в развитии в период 1996–2010 гг. сейсмического режима Земли, приведшего к этим и другим катастрофам последних десятилетий. Полученные автором результаты основаны на анализе потока сейсмических событий, дифференцированных по интервалам магнитуд, отражающим природу динамики иерархической разломно-блоковой структуры геологической среды. Более полные исследования особенностей сейсмогеодинамики Земли и ее связи с планетарной гидрогеодинамикой описаны в перечисленных ниже публикациях автора.

Местоположение всех сейсмических очагов, возникших в указанных интервалах магнитуд и времени, иллюстрирует рис. 1. Общее число землетрясений превысило 600.

На рис. 2 изображены глобальные и региональные графики накопления сейсмических событий во времени. Анализ конфигурации графиков позволил обнаружить интересные особенности развития глобальных сейсмогеодинамических процессов (рис. 2 а). Прежде всего это относится к существенному замедлению возникновения землетрясений в течение примерно 11-летнего промежутка времени – от середины 1982 г. до середины 1993 года. Как видно по излому графиков на краях указанного временного интервала, смена скорости накопления событий произошла довольно быстро. Причем как до, так и после относительного сейсмического затишья частота возникновения землетрясений на глубине $h \leq 70$ км была не только значительно выше, но и сохраняла практически одну и ту же скорость накопления сейсмических событий, какая наблюдалась и до 1982 года. Примечательно, что на глубинах $h > 70$ км в этот период землетрясений вообще практически не происходило.

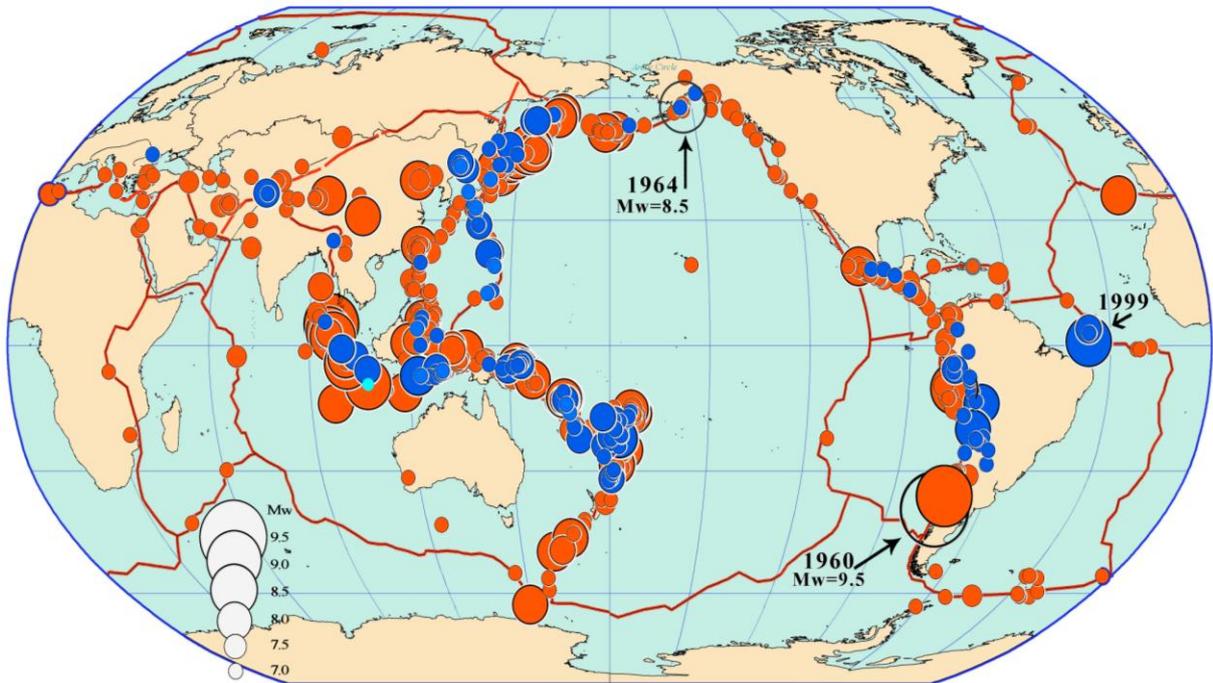


Рис. 1. Эпицентры крупнейших землетрясений Земли за период 1996–2010 гг. Шкала магнитуд слева внизу. Красным цветом окрашены очаги, расположенные на глубине $h \leq 70$ км, синим – с $h > 70$ км. Окружностями указаны землетрясения на Аляске в 1964 г. с $M_w=8.5$ и в Чили в 1960 г. с $M_w=9.5$. Тонкие красные линии – границы между литосферными плитами

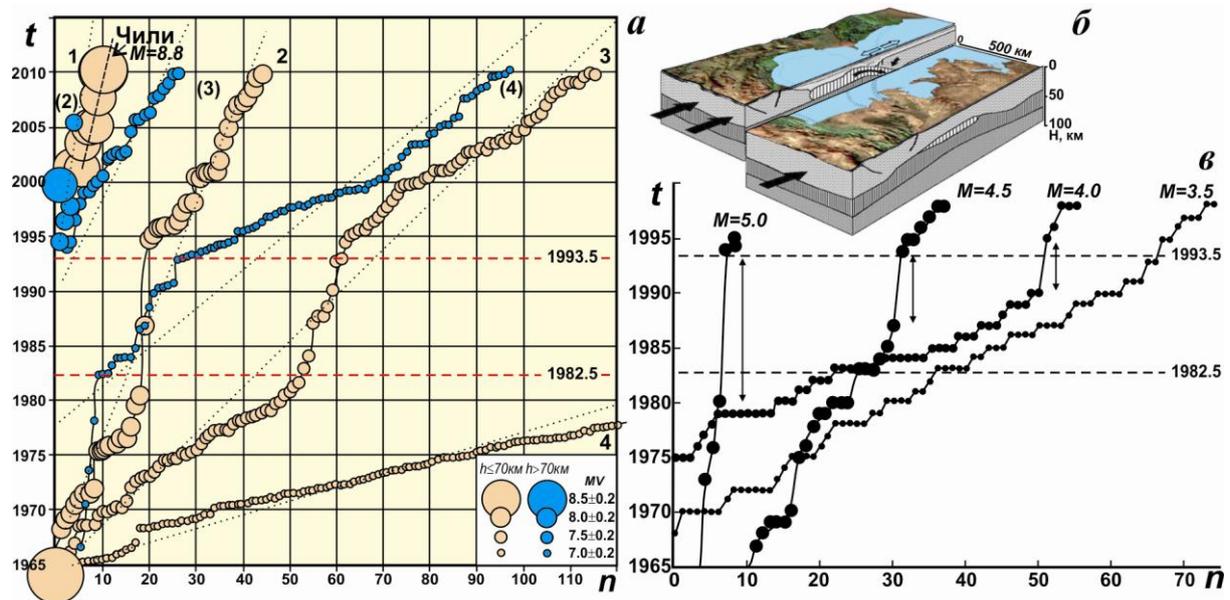


Рис. 2. Изменения глобального и регионального сейсмического режима:
 а – графики накопления во время t числа n землетрясений разных магнитуд $M_w=8.5 \pm 0.2$, 8.0 ± 0.2 , 7.5 ± 0.2 и 7.0 ± 0.2 , произошедших на земном шаре в течение 1965–2010 гг. Соответствующие последовательности очагов в интервалах глубин $h \leq 70$ км помечены цифрами 1–4, а для глубин $h > 70$ км эти цифры помещены в скобки. Большим кружком в начале координат показано землетрясение 1964 г. на Аляске с $M_w=8.5$;
 б – объемная сейсмогеодинамическая модель бассейна Каспия, иллюстрирующая субдукцию литосферы в центральной части моря;
 в – накопление сейсмических событий умеренных и малых магнитуд в зоне субдукции Каспия

После 1993 г. планетарная сейсмическая активность чрезвычайно возросла на всем интервале глубин залегания очагов землетрясений. Глубокофокусные очаги возникли практически сразу же после всеобщего затишья мелкофокусной сейсмичности. При этом землетрясения с магнитудой $M_w=7.5\pm 0.2$ и выше до этого момента вообще не наблюдались, а в заключительный интервал времени возникло сразу 12 землетрясений с $M_w=7.5\pm 0.2$, четыре – с $M_w=8.0\pm 0.2$ и одно – с $M_w=8.8$. Последнее было уникальным по величине магнитуды и случилось в 1999 г. в Атлантическом океане у восточных берегов Южной Америки на глубине около 90 км.

С целью сравнения частоты возникновения рассматриваемых землетрясений в табл. 1 показано число событий за равные 11-летние интервалы времени – до (1971.5–1982.5), в период (1982.5–1993.5) и после (1993.5–2005.5) сейсмического затишья. При этом всюду отсчет велся от середины года, как и в аномальный период сейсмического затишья. Как видно, в интервале 1982.5–1993.5 гг. землетрясения с $M_w=7.0\pm 0.2$ и $M_w=7.5\pm 0.2$ возникали в 3–4 раза, а с $M_w=8.0\pm 0.2$ – в 10 и более раз реже, по сравнению с предыдущими и последующими 11-летними интервалами. Самые крупные сейсмические события с $M_w=8.5\pm 0.2$ и более, вообще отсутствовавшие в двух первых интервалах, начиная с 2001 г. по 2006 г. стали происходить практически ежегодно. В их числе катастрофические землетрясения у берегов Суматры 26 декабря 2004 г. с $M_w=8.8$ и 28 марта 2005 г. с $M_w=8.5$, сопровождавшиеся гигантскими цунами и многочисленными жертвами. До этого момента таким же крупным на земном шаре было землетрясение с $M_w=8.5$ на Аляске в 1964 г., после которого фактически и начался весь рассматриваемый нами интервал времени.

В третий интервал вошли и известные землетрясения 1995 г. в западной части Тихого океана у восточных берегов Северной Евразии – в Японии (Кобэ) и в России (о. Сахалин, Нефтегорск, свыше 2000 погибших).

Таблица 1. Количество землетрясений разных магнитуд в 11-летние интервалы времени до, в период и после выявленного сейсмического затишья 1982.5–1993.5 гг.

Глубина гипоцентров $h \leq 70$ км				
У, годы	$M=7.0\pm 0.2$	$M=7.5\pm 0.2$	$M=8.0\pm 0.2$	$M=8.5\pm 0.2$
1993.5–2005.5	141	39	17	4
1982.5–1993.5	40	9	1	0
1971.5–1982.5	111	36	12	0
Глубина гипоцентров $h > 70$ км				
1993.5–2005.5	53	12	4	1
1982.5–1993.5	22	0	0	0
1971.5–1982.5	2	0	0	0

В заключение следует отметить, что мощные глобальные геодинамические процессы оказывают влияние на многие сейсмоактивные регионы Земли, в том числе и на расположенные на территории России. Наиболее наглядно прореагировал на описанные флуктуации глобальных процессов Иран-Кавказ-Анатолийский регион и, прежде всего, входящий в его состав Каспийский бассейн, центральная часть которого представляет собой зону субдукции, являющуюся очень чувствительной к геодеформациям (рис. 2 б). Это отчетливо видно по сейсмическому затишью, наблюдавшемуся в тот же интервал времени 1982.5–1993.5 гг. в центральной части Каспия (рис. 2 в).

О глобальных масштабах геодинамической активизации свидетельствует и обнаруженный автором синхронизм в изменениях сейсмического режима Земли и уровня водной поверхности Мирового океана. Было также показано, что согласованные сейсмогеодинамические и гидрогеодинамические явления можно объяснить закономерностями в расположении и геодинамическом взаимодействии литосферных плит. Это же относилось и к замкнутому бассейну Каспийского моря.

Литература

<http://seismos-u.ifz.ru/science.htm>.

Уломов В.И. Объемная модель динамики литосферы, структуры сейсмичности и изменений уровня Каспийского моря // Физика Земли. – 2003. – № 5. – С. 5–17.

Уломов В.И. О глобальных изменениях сейсмического режима Земли в период 1965–2005 гг. // Доклады академии наук. Геофизика. – 2007а. – Т. 414, № 3. – С. 398–401.

Уломов В.И. О глобальных изменениях сейсмического режима и уровня водной поверхности Земли // Физика Земли. – 2007б. – № 9. – С. 3–17.

Ulovov V.I. Seismogeodynamics and seismic hazard prediction [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://seismos-u.ifz.ru/pdf/pages_from_2011-IUGG-NRR2007-2010.pdf.

Ежегодное научное издание
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ РОССИИ В 2010 ГОДУ

Подготовка и издание ежегодника осуществлены в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 4 «Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений и техногенных катастроф, включая проблемы ускоренного развития атомной энергетики», проект 1.5.

Заказ 72. Усл. печ. л. 26.5. Тираж 250 экз.

Отпечатано ООО «Альтпринт»
249030, Калужская обл., г. Обнинск, пр. Маркса, д. 14
Тел./факс: (48439) 4-47-77. E-mail: 40print@gmail.com



ISSN 1819-852X



9 771819 852005