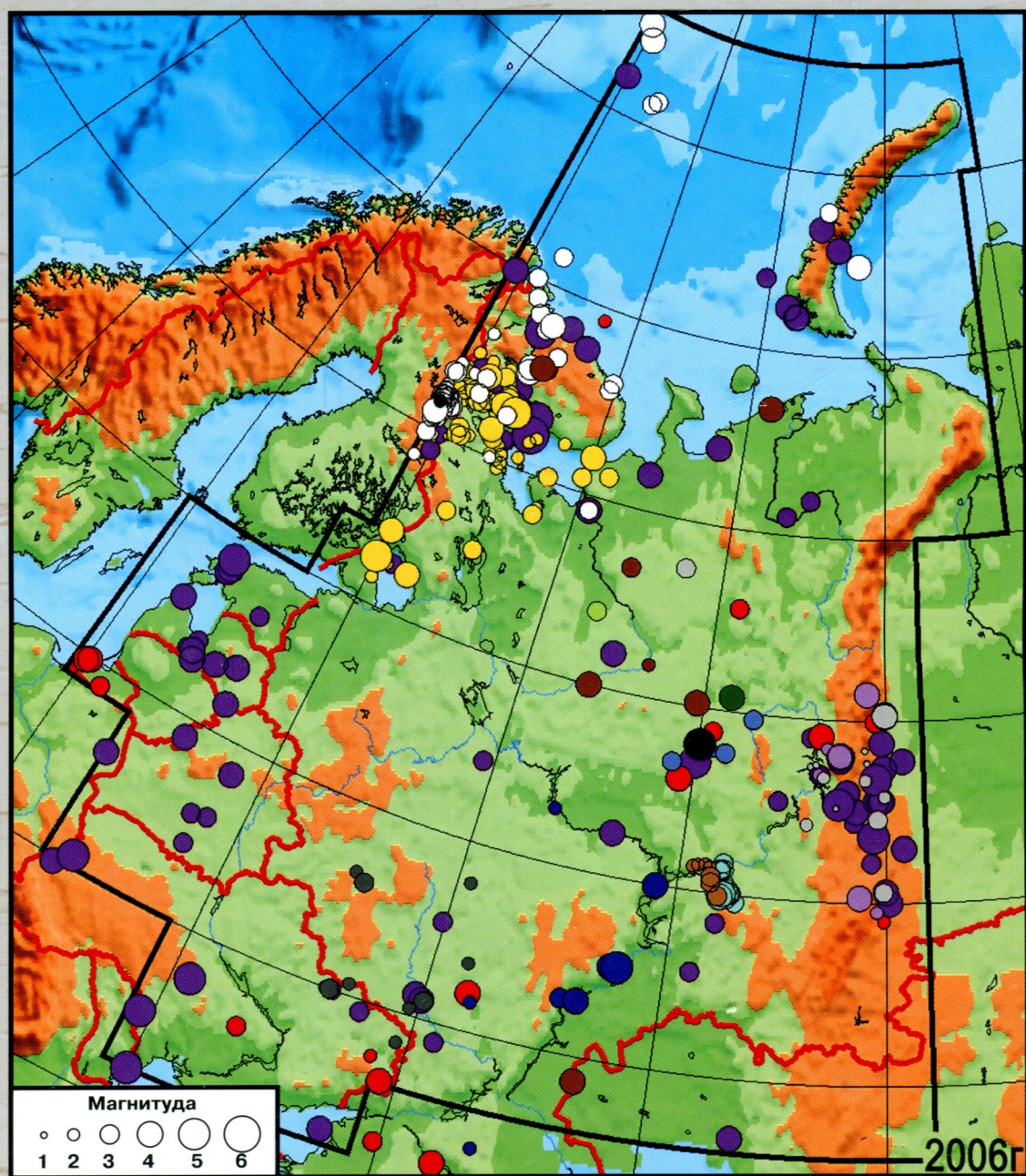


ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И МИКРОСЕЙСМИЧНОСТЬ В ЗАДАЧАХ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ



Книга 1
Землетрясения

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ СЛУЖБА
КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И МИКРОСЕЙСМИЧНОСТЬ В ЗАДАЧАХ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Книга 1 Землетрясения

Под редакцией Н. В. Шарова, А. А. Маловичко, Ю. К. Щукина

ПЕТРОЗАВОДСК
2007

Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / Под ред. Н. В. Шарова, А. А. Маловичко, Ю. К. Щукина. Кн. 1: Землетрясения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 381 с.: ил. 255, табл. 53, прил. 2.

Авторы: В. В. Адушкин, Р. Е. Айзберг, А. Г. Аронов, Т. И. Аронова, В. Э. Асминг, Г. Н. Антоновская, С. В. Баранов, Е. Б. Бекетова, А. Н. Виноградов, Ю. А. Виноградов, Е. В. Вторников, И. П. Габсатарова, Р. Г. Гарецкий, А. А. Годзиковская, А. Н. Гуляев, В. С. Дружинин, И. А. Екимова, М. А. Ефременко, А. Д. Жигалин, Э. В. Исанина, Н. К. Капустян, А. К. Карабанов, А. В. Кендзера, В. В. Колмагорова, Н. А. Крупнова, А. А. Маловичко, Л. А. Маловичко, Т. С. Матвеева, Д. Ю. Мехрюшев, В. Н. Мишаткин, Л. И. Надежка, С. Н. Никитин, А. В. Николаев, В. Г. Никулин, В. А. Огаджанов, Р. А. Орлов, В. Ю. Осипов, Г. И. Парыгин, С. П. Пивоваров, Н. А. Пустовалов, И. Н. Сафронич, О. Н. Сафронов, Р. Р. Сероглазов, В. Г. Спунгин, О. Е. Старовойт, С. Б. Турунтаев, В. В. Удоратин, Ю. В. Федотова, Ю. В. Федоренко, П. В. Филатов, В. И. Французова, Л. С. Чепкунас, Н. В. Шаров, Е. В. Шахова, Ю. К. Щукин, Ф. Н. Юдахин, С. И. Южанинова.

В монографии, состоящей из двух книг, впервые в отечественной и мировой литературе рассматриваются аппаратура, методика и результаты инструментальных сейсмических наблюдений землетрясений и микросейсм на слабосейсмичной территории Восточно-Европейской платформы.

Работа состоит из трех частей: методические основы инструментальных сейсмологических наблюдений и особенности строения литосферы Восточно-Европейской платформы; инструментальные данные о региональной сейсмичности; слабые землетрясения и микросейсмичность как инструмент решения геодинамических задач, проблем геоэкологии и техногенеза. Рассмотрены особенности методов, применяемых при решении различных геологических задач как регионального, так и локального плана. Основное внимание в книгах сосредоточено на результатах инструментальных сейсмологических наблюдений, полученных в последние годы, явлениях и процессах, порождающих сейсмичность, и других проявлениях современной геодинамики. Работа подводит итог исследований в этой области и ставит задачи по организации сейсмического мониторинга территории Восточно-Европейской платформы.

Монография предназначена для специалистов по наукам о Земле, а также в качестве учебного пособия для студентов старших курсов и аспирантов геолого-геофизического профиля.

Работа подготовлена и издана при финансовой поддержке Геофизической службы РАН.

Authors: V. V. Adushkin, R. E. Aizberg, A. G. Aronov, T. I. Aronova, V. E. Asming, G. N. Antonovskaya, S. V. Baranov, E. B. Beketova, A. N. Vinogradov, Y. A. Vinogradov, E. V. Vtornikov, I. P. Gabsatarova, R. G. Garetsky, A. A. Godzikovskaya, A. N. Gulyaev, V. S. Druzhinin, I. A. Yekimova, M. A. Yefremenko, A. D. Zhigalin, E. V. Isanina, N. K. Kapustyan, A. K. Karabanov, A. V. Kendzera, V. V. Kolmagorova, N. A. Krupnova, A. A. Malovichko, L. A. Malovichko, T. S. Matveyeva, D. Y. Mekhryushev, V. N. Mishatkin, L. I. Nadezhka, S. N. Nikitin, A. V. Nikolaev, V. G. Nikulin, V. A. Ogadzhanov, R. A. Orlov, V. Y. Osipov, G. I. Parygin, S. P. Pivovarov, N. A. Pustovalov, I. N. Safronich, O. N. Safronov, R. R. Seroglazov, V. G. Spungin, O. E. Starovoit, S. B. Turuntaev, V. V. Udoratin, Y. V. Fedotova, Y. V. Fedorenko, P. V. Filatov, V. I. Frantsuzova, L. S. Chepkunas, N. V. Sharov, E. V. Shakhova, Y. K. Shchukin, F. N. Yudakhin, S. I. Yuzhaninova.

Equipment and methods for and the results of instrumental seismic monitoring of earthquakes and microseisms in the weakly seismic East European Platform are discussed for the first time in the Russian and foreign literature.

The monograph falls into three parts: 1) basic methods for instrumental seismological monitoring and the structural characteristics of the lithosphere on the East European Platform; 2) instrumental data on regional seismicity; and 3) weak earthquakes and microseisms as a tool for solving problems in geodynamics, geoecology and industrial landscape development. The use of the methods described for approaching various regional and local problems is discussed. The authors focus their attention on the results of instrumental seismological monitoring obtained in the past few years, the phenomena and processes that give rise to seismicity and other manifestations of modern geodynamics. The results of research in this field are summarized, and goals in the seismic monitoring of the East European Platform are set.

The book is meant for experts in Earth sciences and senior geology and geophysics students and post-graduates.

The monograph was prepared and published with financial support from the Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences.

Рецензенты: В. И. Макаров, А. А. Спивак

ISBN 978-5-9274-0278-6 (Кн. 1)

ISBN 978-5-9274-0266-3

ISBN 978-5-9900-2166-2

© Карельский научный центр РАН, 2007

© Институт геологии КарНЦ РАН, 2007

© Геофизическая служба РАН, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ-ПОСВЯЩЕНИЕ	9
ВВЕДЕНИЕ (Н. В. Шаров, Ю. К. Щукин)	11
Часть I. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЛИТОСФЕРЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	14
Глава 1. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЕ (А. А. Маловичко, И. П. Габсатарова, Л. С. Чепкунас, О. Е. Старовойт)	14
1.1. Сводный каталог землетрясений для территории Восточно-Европейской платформы	15
1.2. Развитие инструментальных сейсмологических наблюдений на территории ВЕП	20
1.3. Методика обработки записей локальных и региональных сейсмических событий	30
1.3.1. Волновая картина при локальных и региональных землетрясениях	30
1.3.2. Методические приемы обработки цифровых записей слабых сейсмических событий ВЕП	34
1.3.3. Методика получения магнитудных оценок на региональных расстояниях	39
1.4. Примеры получения параметров землетрясений по инструментальным данным	40
1.4.1. Верхошижемское землетрясение 18 января 2000 г.	40
1.4.2. Сальское землетрясение 22 мая 2001 г.	42
1.4.3. Новодарьевское землетрясение 11 мая 2004 г.	45
1.4.4. Калининградские землетрясения 21 сентября 2004 г.	49
Литература	55
Приложение	60
Глава 2. СИСТЕМЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ (В. Н. Мишаткин)	67
2.1. Цели и задачи сейсмических наблюдений	67
2.2. Сети сейсмических наблюдений	70
2.2.1. Датчики	73
2.2.2. Регистраторы данных	77
2.3. Методические рекомендации по выбору мест сейсмических станций	84
Литература	93
Глава 3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (А. А. Годзиковская)	94
3.1. Информационные возможности материалов одной сейсмической станции	94
3.2. События, определяющие сейсмичность Восточно-Европейской платформы, Урала и Кольского полуострова, за инструментальный период наблюдений	106
Литература	115
Глава 4. ДИНАМИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ – ОСНОВА СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ПРИРОДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ (Ю. К. Щукин)	117
4.1. Прогрессивные «рабочие» идеи предшественников и современников	118
4.2. Первые карты альпийской тектоники	120
4.3. Первые оценки природы землетрясений и карты сейсмичности Европейской России (краткий исторический обзор)	124
4.4. «Живая» тектоника платформенных областей – основа для мониторинга изменяющейся геологической среды	140
4.5. Исследование особенностей глубинного геологического строения и динамики литосферы применительно к задачам инструментальных наблюдений за природными процессами	143
4.5.1. Общие особенности строения коры и мантии	143
4.5.2. Геотермический режим и геодинамика платформенных структур	154
4.6. Строение земной коры Восточно-Европейской платформы	156
4.6.1. Особенности строения земной коры	157
4.6.2. Строение подошвы земной коры – границы Мохоровичича	161
4.6.3. Гетерогенность и подвижность верхней коры Восточно-Европейской платформы по геолого-геофизическим данным	162
4.7. Глубинные динамические (сейсотектонические) системы Восточно-Европейской платформы как глубинная основа изучения слабосейсмичных областей	165
Литература	172

Часть II. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ	173
Глава 1. ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА	173
1.1. Результаты инструментальных сейсмологических исследований на Кольском полуострове (С. В. Баранов, В. Э. Асминг, А. Н. Виноградов, Ю. А. Виноградов)	173
1.2. Техногенная сейсмичность Кольского полуострова (Ю. В. Федотова)	182
1.3. Сейсмичность Карелии (Н. В. Шаров, Е. Б. Бекетова, Т. С. Матвеева, Ю. В. Федоренко, П. В. Филатов, И. А. Екимова)	193
1.3.1. Палеоземлетрясения	193
1.3.2. Инструментальные данные о сейсмичности	195
1.3.3. Методика сейсмологических наблюдений	198
1.4. О сейсмоопасности территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Э. В. Исанина, Н. К. Капустян, Н. А. Крупнова, С. И. Южанинова)	207
Литература	217
Глава 2. СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ РУССКОЙ ПЛИТЫ	219
2.1. Тимано-Печорская область (Республика Коми) (В. В. Удоратин)	219
2.2. Архангельская область (Ф. Н. Юдахин, В. И. Французова)	234
2.2.1. Сведения об исторической сейсмичности	235
2.2.2. Сейсмическая сеть	237
2.2.3. Анализ результатов сейсмического мониторинга (В. И. Французова)	242
Литература	252
Глава 3. ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ РУССКОЙ ПЛИТЫ	255
3.1. Пермская область (Д. А. Маловичко)	255
3.1.1. Система сейсмологических наблюдений	255
3.1.2. Результаты наблюдений локальными сейсмологическими сетями рудников ВКМКС	258
3.1.3. Результаты наблюдений стационарными сейсмическими станциями	260
3.2. Сейсмичность Урала (В. С. Дружинин, В. В. Колмогорова, Г. И. Парыгин, А. Н. Гуляев, С. Н. Никитин, Н. А. Пустовалов, В. Ю. Осипов)	263
3.3. Поволжье (В. А. Огаджанов)	276
3.3.1. Изученность сейсмичности инструментальными методами	278
3.3.2. Особенности динамики изменения местной сейсмичности.	280
Литература	287
Глава 4. ЮЖНАЯ ЧАСТЬ РУССКОЙ ПЛИТЫ (Л. И. Надежка, С. П. Пивоваров, Д. Ю. Мехрюшев, И. Н. Сафронич, Е. Ю. Вторников)	289
4.1. Некоторые сведения о Воронежском кристаллическом массиве	289
4.1.1. Краткая геолого-геофизическая характеристика ВКМ	290
4.1.2. Сейсмическая активность территории Воронежского кристаллического массива по данным об исторической сейсмичности и косвенным материалам	292
4.2. Сейсмичность территории ВКМ по данным экспериментальных наблюдений	293
4.2.1. Региональная сеть сейсмических наблюдений на территории ВКМ	293
4.2.2. Анализ местных сейсмических событий, зарегистрированных региональной сетью	296
Литература	304
Приложение	305
Глава 5. ЮГО-ЗАПАДНЫЕ РЕГИОНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (А. В. Кендзера)	310
5.1. Местные землетрясения	311
5.2. Землетрясения района ЧАЭС	317
5.3. Землетрясения Донбасса	320
5.4. Потенциал местных землетрясений юго-восточного района ВЕП	321
5.5. Влияние землетрясений зоны Вранча	321
Литература	325
Глава 6. СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЕ РЕГИОНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	328
6.1. Основные черты тектоники запада Восточно-Европейской платформы (Р. Е. Айзберг, А. К. Карабанов)	328
6.2. Исторические и современные ощутимые землетрясения (Т. И. Аронова)	342
6.3. Общая характеристика сети сейсмических наблюдений	350
6.3.1. Сеть сейсмических станций Беларуси (А. Г. Аронов, Р. Р. Сероглазов, Т. И. Аронова)	350
6.3.2. Сеть сейсмических станций стран Балтии (В. Г. Никулин)	353
6.4. Сейсмичность территории Беларуси (А. Г. Аронов, Р. Р. Сероглазов, Т. И. Аронова)	357
6.5. Сейсмичность территории стран Балтии (В. Г. Никулин)	364
6.6. Сейсмотектоническое районирование западной части Восточно-Европейской платформы (Р. Е. Айзберг, А. Г. Аронов, Р. Г. Гарецкий, А. К. Карабанов, О. Н. Сафронов, Р. Р. Сероглазов, Т. И. Аронова)	368
Литература	378

CONTENTS

DEDICATION	9
INTRODUCTION (N. V. Sharov, Y. K. Shchukin)	11
Part I. BASIC METHODS FOR INSTRUMENTAL SEISMOLOGICAL MONITORING AND THE STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE LITHOSPHERE OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM	14
Chapter 1. INSTRUMENTAL SEISMOLOGICAL MONITORING ON EEP (A. A. Malovichko, I. P. Gab-satarova, L. S. Chepkunas, O. E. Starovoit)	14
1.1. Summary catalogue of earthquakes for the East European Platform	15
1.2. Instrumental seismological monitoring on EEP: background	20
1.3. Procedure for processing records of local and regional seismic events	30
1.3.1. Wave pattern during local and regional earthquakes	30
1.3.2. Techniques for processing digital records of weak seismic events on EEP	34
1.3.3. Procedure for estimation of magnitude values at regional distances	39
1.4. Estimation of earthquake parameters from instrumental data: examples	40
1.4.1. Verkhoshizhenskoye earthquake of 18 January, 2000	40
1.4.2. Salskoye earthquake of 22 May, 2001	42
1.4.3. Novodaryevskoye earthquake of 11 May, 2004	45
1.4.4. Kaliningrad earthquakes of 21 September, 2004	49
Literature	55
Annex	60
Chapter 2. SEISMIC MONITORING SYSTEMS (V. N. Mishatkin)	67
2.1. Goals of seismic monitoring	67
2.2. Seismic monitoring networks	70
2.2.1. Meters	73
2.2.2. Data recorders	77
2.3. Methods recommended for selecting seismic station sites	84
Literature	93
Chapter 3. INTERPRETATION OF SEISMIC MONITORING UNDER DIFFERENT GEODYNAMIC CONDI-TIONS (A. A. Godzikovskaya)	94
3.1. Informative potential of data from one seismic station	94
3.2. Events responsible for the seismicity of the East European Platform, the Urals and the Kola Peninsula over an instrumental observation period	106
Literature	115
Chapter 4. DYNAMIC GEOLOGY: THE BASIS OF A SYSTEM OF MONITORING OF NATURAL PRO-CESSSES (Y. K. Shchukin)	117
4.1. Progressive «working» ideas of predecessors and contemporaries	118
4.2. The first maps of Alpine tectonics	120
4.3. The first attempts to assess earthquake nature and seismic maps of European Russia (brief historical review)	124
4.4. «Living» tectonics of platform provinces: a basis for monitoring of the changing geological environment	140
4.5. The study of the deep geological structure and dynamics of the lithosphere as applied to instrumental monitoring of natural processes	143
4.5.1. Common structural characteristics of the crust and the mantle	143
4.5.2. Geothermal regime and geodynamics of platform structures	154
4.6. Crustal structure of the East European Platform	156
4.6.1. Structural characteristics of the earth crust	157
4.6.2. Basal structure of the earth crust-Moho discontinuity	161
4.6.3. Heterogeneity and mobility of the upper crust of the East European Platform as shown by geological and geophysical data	162
4.7. Deep dynamic (seismotectonic) systems of the East European Platform as a deep basis for the study of weakly seismic provinces	165
Literature	172

Part II. INSTRUMENTAL DATA ON REGIONAL SEISMICITY	173
Chapter 1. EASTERN FENNOSCANDIAN SHIELD	173
1.1. Results of instrumental seismic studies on the Kola Peninsula (S. V. Baranov, V. E. Asming, A. N. Vinogradov, Y. A. Vinogradov)	173
1.2. Artificially induced seismicity of the Kola Peninsula (Y. V. Fedotova)	182
1.3. Seismicity of Karelia (N. V. Sharov, E. B. Beketova, T. S. Matveyeva, Y. V. Fedorenko, P. V. Filatov, I. A. Yekimova)	193
1.3.1. Paleoearthquakes.	193
1.3.2. Instrumental data on seismicity	195
1.3.3. Seismological observation techniques	198
1.4. On the seismic danger of St.Petersburg and the Leningrad Oblast (E. V. Isanina, N. K. Kapustyan, N. A. Krupnova, S. I. Yuzhaninova)	207
Literature	217
Chapter 2. NORTHERN RUSSIAN PLATE	219
2.1. Timan-Pechora Oblast, Komi Republic (V. V. Udoratin)	219
2.2. Arkhangelsk Oblast (F. N. Yudakhin, V. I. Frantsuzova)	234
2.2.1. Information on historical seismicity	235
2.2.2. Seismic network	237
2.2.3. Analytical results of seismic monitoring (V. I. Frantsuzova)	242
Literature	252
Chapter 3. EASTERN RUSSIAN PLATE	255
3.1. Perm Oblast (D. A. Malovichko)	255
3.1.1. Seismological monitoring system	255
3.1.2. Results of monitoring by local seismological VCMCS mine networks	258
3.1.3. Results of monitoring by permanent seismic stations	260
3.2. Seismicity of the Urals (V. S. Druzhinin, V. V. Kolmogorova, G. I. Parygin, A. N. Gulyaev, S. N. Nikitin, N. A. Pustovalov, V. Y. Osipov)	263
3.3. Povolzhye (Volga river area) (V. A. Ogadzhyanov)	276
3.3.1. Extent of study of seismicity by instrumental methods	278
3.3.2. Local seismicity variation dynamics	280
Literature	287
Chapter 4. SOUTHERN RUSSIAN PLATE (L. I. Nadezhka, S. P. Pivovarov, D. Y. Mekhryushev, I. N. Saf-ronich, E. Y. Vtornikov)	289
4.1. Some information on the Voronezh crystalline massif (VCM)	289
4.1.1. Brief geological and geophysical description of VCM.	290
4.1.2. Seismic activity of the Voronezh crystalline massif based on historical seismicity data and indirect evidence	292
4.2. Seismicity of VCM based on experimental monitoring data	293
4.2.1. Regional seismic monitoring network in VCM	293
4.2.2. Analysis of local seismic events recorded by the regional network	296
Literature	304
Annex	305
Chapter 5. SOUTH-WESTERN REGIONS OF EEP (A. V. Kendzera)	310
5.1. Local earthquakes	311
5.2. Earthquakes in the CHAES area	317
5.3. Earthquakes in Donbass	320
5.4. Local earthquake potential of the southeastern part of EEP	321
5.5. The effect Vranich zone earthquakes.	321
Literature	325
Chapter 6. NORTH-WESTERN REGIONS OF EEP	328
6.1. Basic tectonic characteristics of the western East European Platform (R. E. Aizberg, A. K. Karabanov)	328
6.2. Historical and modern appreciable earthquakes (T. I. Aronova)	342
6.3. General characteristics of the seismic monitoring network	350
6.3.1. Seismic network of Belarus (A. G. Aronov, R. R. Seroglazov, T. I. Aronova)	350
6.3.2. Seismic network of the Baltic states (V. G. Nikulin)	353
6.4. Seismicity of Belarus (A. G. Aronov, R. R. Seroglazov, T. I. Aronova)	357
6.5. Seismicity of the Baltic states (V. G. Nikulin)	364
6.6. Seismotectonic zoning of the western East European Platform (R. E. Aizberg, A. G. Aronov, R. G. Garetsky, A. K. Karabanov, O. N. Safronov, R. R. Seroglazov, T. I. Aronova)	368
Literature	378