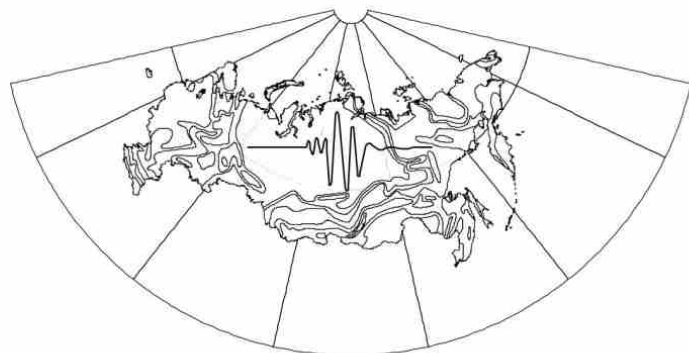


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ИМ. О.Ю. ШМИДТА**

**КОМПЛЕКТ КАРТ
ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ
ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОСР-97**

Масштаб 1 : 8 000 000



**ОБЪЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
и список городов и населенных пунктов,
расположенных в сейсмоопасных районах**

МОСКВА - 1999

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ИМ. О.Ю. ШМИДТА**

**КОМПЛЕКТ КАРТ
ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ
ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОСР-97**

Масштаб 1 : 8 000 000

**ОБЪЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
и список городов и населенных пунктов,
расположенных в сейсмоопасных районах**

МОСКВА – 1999

Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1 : 8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. В.И. У л о м о в, Л.С. Ш у м и л и н а. М., 1999, 57 с. (Объединенный институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук).

В объяснительной записке изложены основы методологии составления комплекта новых нормативных карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Описаны характеристики сейсмичности и сейсмического режима Северной Евразии – крупнейшего сегмента планетарной сейсмогеодинамической системы, охватывающей территорию России и сопредельных с ней стран. Приведены карты сейсмической регионализации, зон возникновения очагов землетрясений разных магнитуд, периодов повторяемости сотрясений различной интенсивности и общего сейсмического районирования для трех уровней вероятности сейсмической опасности, а также список городов и населенных пунктов Российской Федерации с указанием для них расчетной сейсмической интенсивности.

Издание предназначено для планирования рационального землепользования и осуществления сейсмостойкого строительства в стране с целью уменьшения ущерба, причиняемого землетрясениями, а также для специалистов в области геологии и геофизики, сейсмологии и инженерной сейсмологии, инженеров-проектировщиков, для работников служб по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям, для экологов и широкого круга читателей, интересующихся жизнью земных недр.

Ил. 12, Табл. 1, Список лит. 70 назв., Приложений 3

Главные редакторы Комплекта карт ОСР-97:

Академик РАН В.Н. СТРАХОВ,
Член-корр. АН Республики Узбекистан, профессор В.И. УЛОМОВ

ВВЕДЕНИЕ

Землетрясения по своим разрушительным последствиям, количеству жертв, материальному ущербу и деструктивному воздействию на среду обитания человека занимают одно из первых мест среди других природных катастроф. Землетрясения возникают внезапно и это еще больше усугубляет их разрушительные последствия. Негативные последствия катастрофических землетрясений могут ощущаться в течение нескольких десятилетий и поглощать значительную часть национального бюджета. Предсказать время возникновения очередных сейсмических толчков, а тем более предотвратить их, к сожалению, пока невозможно, однако разрушения и число человеческих жертв могут быть уменьшены путем проведения в сейсмоактивных районах разумной и долговременной государственной политики, основанной на повышении уровня осведомленности населения и федеральных органов об угрозе землетрясений и умении противостоять подземной стихии. Первым и самым важным шагом на пути снижения ущерба от землетрясений является сейсмическое районирование территорий, необходимое для планирования рационального землепользования и осуществления надежного сейсмостойкого строительства.

Землетрясения неизбежны. Они обусловлены продолжающейся десятки и сотни миллионов лет глобальной эволюцией литосферы нашей планеты. Вместе с тем, как будет показано ниже, в развитии геодинамических и сейсмических процессов существуют определенные пространственно-временные и энергетические закономерности, которые позволяют дифференцировать территории по степени их геодинамической активности и сейсмической опасности. Например, обнаружено, что очаги землетрясений не рассеяны хаотично, а расположены вдоль протяженных и относительно узких зон активных разломов и других менее прочных структур земной коры и всей литосферы, т.е. в местах, наиболее уязвимых для быстрых тектонических подвижек. Выявление местоположения таких сейсмоактивных, а следовательно и сейсмоопасных, геологических структур, тщательное изучение их сейсмогеодинамического режима и сейсмического эффекта, создаваемого ими на земной поверхности, положено в основу сейсмического районирования.

Сейсмическое районирование – это картирование сейсмической опасности *). В зависимости от задач, степени детальности и масштаба исследований сейсмическое районирование может быть генеральным или общим (ОСР, масштаб 1 : 2 500 000 и мельче), детальным (ДСР, масштаб 1 : 1 000 000 – 1 : 100 000) и микросейсмическим (сейсмическое микрорайонирование – СМР, масштаб 1 : 50 000 и крупнее). ОСР охватывает всю территорию страны. ДСР применяется для уточнения сейсмической опасности отдельных регионов, административных территорий и других объектов урбанизации и ответственного строительства. СМР используется, как правило, для сейсмического микрорайонирования городов, площадок крупного гражданского, промышленного, гидротехнического и прочего строительства. При этом учитываются локальные факторы усиления сейсмического эффекта из-за неблагоприятных грунтовых условий, а также ценность и уязвимость существующих зданий и инфраструктур. Однако первостепенным и опорным для всех этих построений непременно является ОСР, основанное на комплексных сейсмологических и геолого-геофизических исследованиях, способствующих выявлению планетарных, региональных и межрегиональных сейсмогеодинамических взаимодействий литосферных плит и блоков земной коры.

Официальным документом для территории Российской Федерации является Комплект карт ОСР-97, созданный в 1991-1997 гг. в Объединенном институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук при финансовой поддержке Министерства науки и технологий РФ и при участии целого ряда других научно-исследовательских организаций, в том числе из стран СНГ**).

Новая методология разработки и практическое использование Комплекта карт ОСР-97 одобрены решением расширенного заседания Ученого совета Объединенного института физики Земли РАН (12 февраля 1998 г.), утверждены Вице-президентом РАН (23 марта 1998 г.) и Заместителем министра строительства РФ (28 марта 1998 г.), постановлениями НТС Минстроя России (21 апреля 1998 г.), Бюро Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук РАН (20 мая 1998 г.) и приняты в качестве основы для нормативных документов, позволяющих оценивать степень сейсмической опасности для строительных объектов разных категорий ответственности и сроков службы.

Комплект карт ОСР-97 (А, В, С) представлен в масштабе 1 : 8 000 000, однако исходными при их создании явились сейсмологические, геолого-геофизические и другие карты более крупного масштаба – 1 : 1 000 000, 1 : 2 500 000 и 1 : 5 000 000.

*) См. словарь терминов – Приложение 1.

**) Приложение 2

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

В конце XIX – начале XX столетия, благодаря выдающемуся вкладу отечественных ученых в мировую сейсмологию, Россия в течение многих лет играла ключевую роль в науке о землетрясениях. Геологическую основу изучения природы сейсмических явлений заложили И.В. Мушкетов и А.Н. Орлов [17, 18, 20], создавшие первый российский каталог землетрясений. С именем академика Б.Б. Голицына [5] связано изобретение принципиально новых сейсмографов и начало систематических исследований сейсмичности и внутреннего строения Земли. Углубленный анализ связи сейсмических и геологических процессов и явлений был продолжен в Сейсмологическом институте АН СССР (родоначальник нынешнего ОИФЗ РАН) Д.И. Мушкетовым, выявившим целый ряд сейсмоактивных регионов и опубликовавшим в 1933 г. первую схематическую карту сейсмического районирования Средней Азии.

Первая в мире официальная нормативная карта сейсмического районирования всей территории бывшего СССР была опубликована в 1937 г. Г.П. Горшковым, положившим начало их регулярному составлению в качестве основы, регламентирующей проектирование и строительство в сейсмоактивных районах страны [3]. В конце 40-х годов исследования Г.П. Горшкова [4], И.Е. Губина [6], а впоследствии С.В. Медведева [14, 15], Ю.В. Ризниченко [22] и других ученых, привели к смене существовавшей до того времени парадигмы «сейсмического актуализма» («там, где было, там и будет») и заложили основы сейсмогенетического двухстадийного метода оценки сейсмической опасности с элементами прогноза. В соответствии с этой концепцией на первой стадии выделяются реальные и потенциальные очаговые зоны, а на второй – рассчитываются генерируемые ими сотрясения на земной поверхности. Новой парадигмы придерживались практически все составители последующих карт общего сейсмического районирования – 1957 г. (редакторы С.В. Медведев, Б.А. Петрушевский), 1968 г. (ред. С.В. Медведев) и 1978 г. (ред. М.А. Садовский) [28]. Исторический очерк развития сейсмологических исследований и подробное описание применяемых ранее методов сейсмического районирования, а также критику в их адрес, можно найти в работах [1, 9, 16, 28, 35, 38, 51, 52].

Сейсмическое районирование – одна из наиболее сложных и чрезвычайно ответственных проблем современной сейсмологии. О со-

циальной, экономической и экологической значимости ее говорить не приходится. Научная же сложность проблемы состоит в том, что она принадлежит к категории прогнозов, базирующихся на неполной информации, скудном и не всегда удачном опыте, на недостаточно четких методологических позициях. Поэтому каждая из составленных в прошлые годы карт сейсмического районирования территории бывшего СССР в той или иной мере оказывалась неадекватной реальным природным условиям, что наряду с некачественным строительством наносило народному хозяйству огромный материальный ущерб и влекло за собой многочисленные человеческие жертвы. И хотя по мере накопления дополнительной информации о землетрясениях и совершенствования сейсмологических знаний карты сейсмического районирования систематически обновлялись и несколько улучшались, фрагментарно они изменялись гораздо чаще – практически после каждого крупного землетрясения, происшедшего в районах, показанных на действовавших картах как менее опасные в сейсмическом отношении. Такая участь постигла и созданную в 1978 г. карту ОСР-78 (рис. 1): в течение последнего десятилетия практически ежегодно на территории бывшего СССР возникали разрушительные 8–9- и даже 9–10-балльные землетрясения в зонах, опасность которых, судя по этой карте, оказалась заниженной по меньшей мере на 2–3 балла. К их числу относятся катастрофическое Спитакское землетрясение 1988 г. в Армении, Зайсанское землетрясение 1990 г. – в Казахстане, Рача-Джавское 1991 г. – в Грузии, Сусамырское 1992 г. – в Киргизии, Хаилинское 1991 г. и Нефтегорское 1995 г. – в России (в Корякии и на Сахалине) (см. рис.1). Последнее повлекло за собой гибель около двух тысяч человек и полную ликвидацию городского поселка Нефтегорск. Оно было самым разрушительным из известных в прошлом землетрясений на территории Российской Федерации [42].

Как показали исследования, карта образца 1978 года (ОСР-78) на самом деле и не была «общей», поскольку составлялась фрагментарно в разных регионах и республиках, по разнотипной методике и на основе разрозненного сейсмологического и сейсмогеологического материала. Среди других недостатков карты ОСР-78, о которых будет сказано ниже, главным было отсутствие целостного описания используемой составителями этой карты общей методике и исходных данных.

Практически все предыдущие карты ОСР (1937, 1957, 1968, 1978 гг.) были детерминистскими и не учитывали основные характеристики сейсмического режима сейсмоактивных территорий, хотя еще в середине 40-х годов С.В. Медведев [14, 15] предложил ввести в зоны сейсмической опасности дифференциацию, отражающую периоды повторяемости сильных землетрясений и предполагаемые сроки службы различных типов сооружений. Даже карта 1978 г., в которой была сделана попытка

вести вероятностные характеристики повторяемости сотрясений, на самом деле не давала адекватных оценок сейсмической опасности. Индексы 1, 2 и 3 возле номиналов балльности на этой карте, якобы отражающие повторяемость сейсмических сотрясений один раз в 100, 1000 и 10000 лет, явились одной из причин низкой надежности ОСР-78. Как показали последующие исследования, в результате такой индексации реальный инженерный риск, определяемый картой ОСР-78, оказался не единым для всех сейсмоопасных районов страны [9, 51].

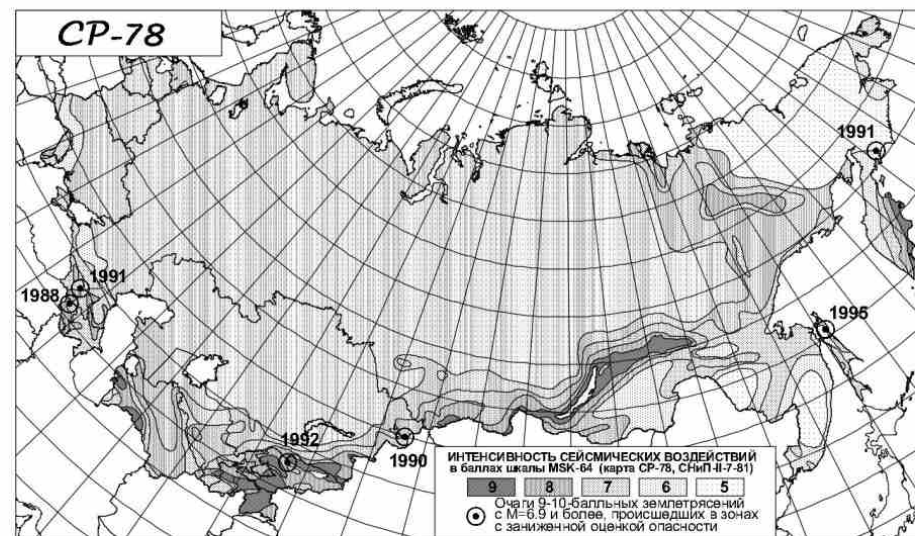


Рис. 1. Карта общего сейсмического районирования ОСР-78 территории бывшего СССР и эпицентры сильных землетрясений, происшедших в зонах с заниженной оценкой сейсмической опасности (с запада на восток: Спитак, 1988 г.; Рача-Джава, 1991 г.; Сусамыр, 1992 г.; Зайсан, 1990 г.; Нефтегорск, 1995 г.; Хаилино, 1991 г.).

Идеи сбалансированного риска и оценки вероятности превышения возможной интенсивности, хотя и были впервые предложены отечественными сейсмологами С.В. Медведевым и Ю.В. Ризниченко [14, 22], наибольшее развитие они получили за рубежом, благодаря известной публикации К.А. Корнелла в 1968 г. [56], и привели западные страны к построению карт сейсмического районирования в терминах вероятности превышения (или не превышения) сейсмической опасности в заданные интервалы времени [53 – 55]. Такой подход в свое время был одобрен и составителями карты ОСР-78 [28], но (как и многие другие интересные

разработки отечественных сейсмологов тех лет) по целому ряду объективных и субъективных причин не был применен в должной мере на практике (за исключением территорий Узбекистана и Камчатки).

С учетом выявленных недостатков карты ОСР-78, на основе новейших достижений и результатов выполненных исследований, было решено создать не одну карту, а как бы разлочно повторяемостью сотрясений на разных участках, с это было некорректно составителями карты ОСР-78, а комплект из нескольких нормативных карт Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации, отражающих равновероятную для конкретного уровня риска расчетную интенсивность сотрясений и предназначенных для строительных объектов разных категорий ответственности и сроков службы. Исследования проводились в 1991 –1997 гг. по проблеме «Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии» (руководитель В.И. Уломов), разрабатываемой в ОИФЗ РАН (Генеральный директор В.Н. Страхов) в рамках Государственной научно-технической программы России «Глобальные изменения природной среды и климата» (руководитель вице-президент РАН Н.П. Лавров) и явились продолжением работ по сейсмическому районированию территории бывшего СССР, однако выполнялись на ином концептуальном, методологическом, технологическом и научно-организационном уровне [28, 29,36, 39], в сложных условиях социально-экономической и политической обстановки в стране.



Рис. 2. Блок-диаграмма методологии сейсмического районирования [39, 46]. На основе трех блоков банка данных (геодинамика, сейсмичность и сильные движения грунта) формируются две модели – очаговых зон (МОЗ) и сейсмического эффекта (МСЭ), на основе которых ведется расчет сейсмической опасности и составляются карты сейсмического районирования.

В основу этих исследований было положено учение о сейсмогеодинамике, рассматривающей сейсмичность как результат деформирования земной коры и всей литосферы с учетом фрактальных особенностей их слоисто-блоковой структуры, прочностных свойств и процессов разрушения на разных иерархических масштабных уровнях [32 – 38, 46]. В результате была разработана целостная методология (рис.2), созданы однородные сейсмологические и геолого-геофизические электронные базы данных для всей обширной территории Северной Евразии, охватывающей Россию и другие страны СНГ, а также сопредельные сейсмоактивные регионы.

Впервые в сейсмологической практике создана единая модель зон возникновения очагов землетрясений на территории Северной Евразии с адекватной их сейсмологической параметризацией [46, 47]. Во всех расчетах и построениях участвовали не точечные, как прежде, а протяженные очаги землетрясений, и использовались новейшие представления о нелинейном проявлении сейсмогеодинамических процессов (нелинейное деформирование фрактальных структур, нелинейность пространственно-временного и энергетического распределения землетрясений, нелинейное затухание сейсмических сотрясений с расстоянием и т.д.).

Впервые с единых позиций сейсмическим районированием была охвачена вся территория Северной Евразии, включая равнинные пространства и шельфы окраинных и внутренних морей. В решении практически всех задач ОСР-97 применены вероятностные и вероятностно-детерминистские характеристики, учитывающие как случайные, так и закономерные факторы сейсмогенеза, а также разного рода неопределенности в исходных и выходных данных. Все построения осуществлены в электронном виде в современной технологии Географических информационных систем (ГИС, ESRI ArcView GIS).

В результате создан комплект из трех вероятностных карт общего сейсмического районирования (ОСР-97-А, ОСР-97-В, ОСР-97-С) территории России и сопредельных регионов, отражающих различную степень их сейсмической опасности в баллах шкалы MSK-64 для средних грунтовых условий [31, 47, 48]. Карта ОСР-97-А, представленная в пиковых ускорениях колебаний грунта (PGA), вошла составной частью в мировую карту глобальной сейсмической опасности (Global Seismic Hazard Assessment Program – GSHAP) [41, 57].

СЕЙСМОГЕОДИНАМИКА СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Глобальная упорядоченность сейсмоактивных регионов.

Уже давно стало очевидным, что районирование сейсмической опасности, основанное исключительно на сведениях о произошедших

землетрясениях, без разработки адекватных прогностических сейсмогеодинамических (СГД) моделей, абсолютно бесперспективно [1, 3–6].

Структурные и геодинамические закономерности, свойственные территории Северной Евразии, позволяют рассматривать ее как планетарную СГД-систему. Эти закономерности ярко выражены в иерархической гетерогенности современных тектонических структур, начиная с литосферы и кончая блоками земной коры различного ранга, а также в направленности их геодинамического развития. Связь региональной сейсмичности со структурой и динамикой литосферы наиболее ярко выражена в глобальных масштабах тремя основными типами СГД-взаимодействий, обусловленных дивергенцией, конвергенцией и трансформными перемещениями литосферных плит (рис. 3).

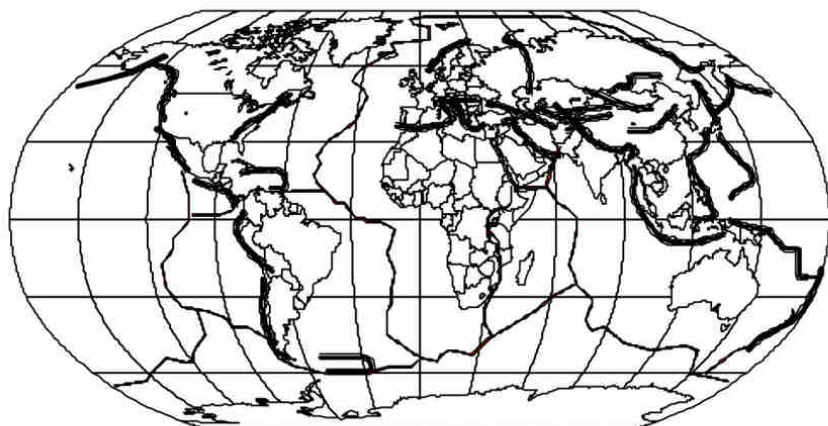


Рис. 3. Глобальная упорядоченность сейсмогенерирующих региональных структур: утолщенные линии – оси конвергентных зон субдукции и их реликтов на континентах; тонкие линии – оси дивергентных рифтовых зон.

Наиболее активными в сейсмическом отношении являются конвергентные структуры литосферы. Они достаточно упорядочены по своим размерам и представлены дугообразными границами между литосферными плитами, расположенными по периферии океанов в виде погружающихся под континенты зон субдукции, а также их реликтами на самих континентах. Среднестатистическая протяженность каждого из конвергентных регионов мира составляет около 3000 км. Как выяснилось, размеры этих сейсмоактивных областей и их пространственное распределение имеют самое непосредственное отношение к оценке величины магнитуд максимальных возможных в их пределах землетрясе-

ний [37]. Каждый из таких регионов характеризуется своим сейсмическим режимом и свойственной ему структурой сейсмичности. Поэтому, как будет показано далее по тексту, именно регион указанных ранее размеров принят за «исходную» сейсмогенерирующую структурную единицу при разработке модели зон возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ). Обнаруженные закономерности явились основой и для адекватной сейсмической регионализации Северной Евразии.

Сейсмичность и сейсмический режим регионов Северной Евразии.

Сейсмичность Северной Евразии обусловлена интенсивным СГД-взаимодействием нескольких крупных литосферных плит – Европейской, Азиатской, Аравийской, Иранской, Индийской, Китайской, Тихоокеанской, Охотской и Северо-Американской (рис.4, см. также соответствующую карту-врезку к картам ОСР-97).

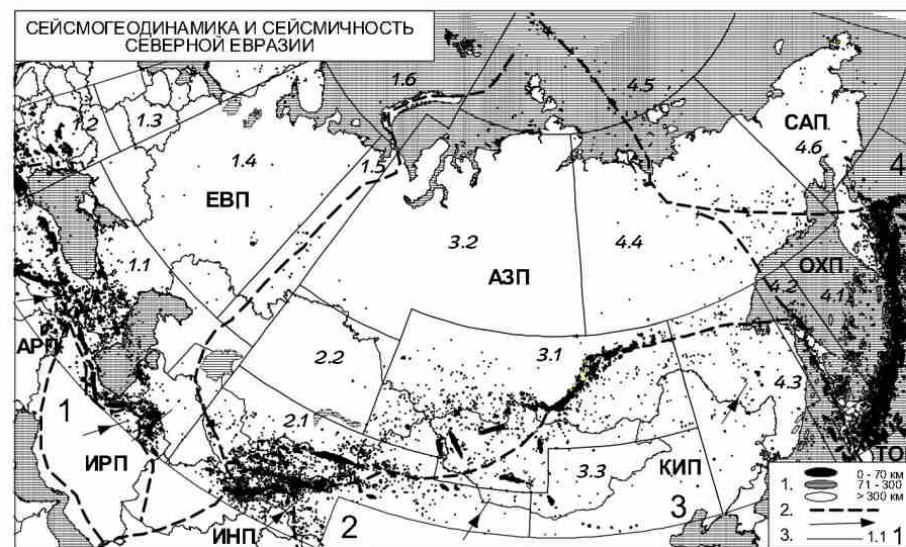


Рис. 4. Сейсмичность и сейсмогеодинамическая регионализация Северной Евразии:

1 – очаги землетрясений разных магнитуд (с $M \geq 5.0$ с древнейших времен по 1995 г. и с $M \geq 3.5$ – с 1960 по 1991 г.) и глубин залегания гипоцентров ($h \leq 70$; $70 < h \leq 300$; $h > 300$ км); 2 – условные границы и направление (стрелки) перемещения литосферных плит (ЕВП – Европейская, АЗП – Азиатская, АРП – Аравийская, ИРП – Иранская, ИНП – Индийская, КИП – Китайская, ТОП – Тихоокеанская, ОХП – Охотская, САП – Северо-Американская); 3 – условные границы и номера сейсмоактивных регионов и сегментов: Сегменты: 1 – Восточно-Европейский; 2 – Центрально-Азиатский; 3 – Центрально-Сибирский; 4 – Восточно-Азиатский.

Регионы: 1.1 – Иран-Кавказ-Анатолийский; 1.2 – Карпато-Балканский; 1.3 – Прибалтийский; 1.4 – Восточно-Европейский; 1.5 – Уральский; 1.6 – Новоземельский; 2.1 – Памиро-Тянь-Шаньский; 2.2 – Центрально-Казахстанский; 3.1 – Алтай-Саяно-Байкальский; 3.2 – Западно-Сибирский; 3.3 – Восточно-Монгольский; 4.1 – Курило-Камчатский; 4.2 – Сахалино-Японский; 4.3 – Приамуро-Приморский; 4.4 – Верхоянский; 4.5 – Североземельский; 4.6 – Чукотский.

С геологической точки зрения, рассматриваемая территория включает в себя четыре крупные платформы разного возраста с относительно низкой и рассеянной сейсмичностью (Восточно-Европейская, Западно-Сибирская, Туранская и Сибирская) и ряд орогенических регионов с чрезвычайно высокой сейсмической активностью (Иран-Кавказ-Анатолийский, Центрально-Азиатский, Алтай-Саяно-Байкальский, Курило-Камчатский и др.). Курило-Камчатская зона субдукции с глубиной гипоцентров, достигающей 600 км, является наиболее подвижным и сейсмически активным регионом Северной Евразии. Здесь возникают наиболее крупные землетрясения и высвобождаются основная доля СГД-деформаций и сейсмической энергии на рассматриваемой территории. Очаги с промежуточной глубиной залегания (соответственно, до 200 и 300 км) свойственны двум другим хорошо выраженным реликтовым зонам субдукции – Восточным Карпатам и Памиро-Гиндукушу. Реликтовая зона заглубленных до 150 км очагов землетрясений имеет место в пределах центрального Каспия и Кавказа. Преобладающее же число внутриконтинентальных очагов расположено в верхней части земной коры, на глубинах до 20 км. Распределение по глубине их гипоцентров обусловлено иерархической структурой геологической среды, горизонтальной L_M и вертикальной H_M протяженностью самих очагов, связанной с величиной магнитуды M соответствующих землетрясений.

На рис. 5 (слева) показаны графики среднегодовой скорости потока V_{RM} (т.е. числа N_M землетрясений в год) сейсмических событий с $M \geq 4.0$ в восьми основных сейсмоактивных регионах Северной Евразии. В данном случае среднегодовой поток сейсмических событий не нормирован на единицу площади и характеризует каждый из регионов в целом. Во всех случаях значения активности относятся к интервалам $\Delta M = \pm 0.2$ с шагом в 0.5 единицы магнитуды M , которая соответствует магнитуде M_S , вычисленной по поверхностным сейсмическим волнам. Рис. 5 (справа) иллюстрирует среднегодовой поток сейсмических событий на всей Земле (раздельно по годам – с 1987 г. по 1996 г.) в сравнении с суммарным среднегодовым сейсмическим режимом всех регионов Северной Евразии.

Как видно, все графики не линейны. Прямолинейный участок графиков с углом наклона, близким к $b = -0.9$, свойственен лишь интервалу магнитуд $4.0 \leq M \leq 6.0$. Начиная же с $M \geq 6.5$, все без исключения гра-

фики своим изгибом указывают на более высокую повторяемость таких землетрясений, чем это следовало бы из традиционной линейной экстраполяции левой части графиков вправо. Как выясняется, реальная частота возникновения крупных землетрясений в три и более раз выше, чем это считалось прежде. Использование метода прямолинейной экстраполяции графиков приводило в прошлые годы к занижению сейсмической опасности практически во всех регионах бывшего СССР.

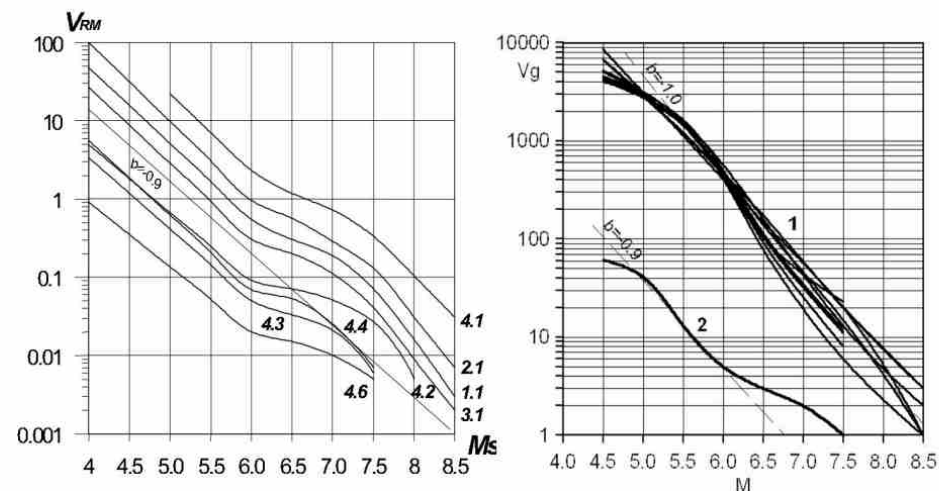


Рис. 5. Сейсмический режим V_{RM} основных регионов Северной Евразии (слева) и сейсмическая активность V_g Земли в целом (справа): 1.1 | 4.6 – номера регионов; 1 – графики повторяемости землетрясений на земном шаре по годам за 10 лет – с 1987 г. по 1996 г.; 2 – среднегодовая сейсмическая активность всей территории Северной Евразии.

Взаимосвязь в упорядоченности разломов, геоблоков и сейсмических очагов, а также в развитии сейсмогеодинамических процессов, положена в основу создания адекватной модели зон возникновения очагов землетрясений на территории Северной Евразии [34, 46].

ЗОНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИХ СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ

Модель сейсмических источников.

Идентификация зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) и определение параметров их сейсмического режима является самым сложным и наиболее ответственным звеном в исследованиях по сейсмическому районированию, поскольку от этого зависит надежность всех последующих построений [43 – 45]. В основу создания модели зон ВОЗ

и сейсмического районирования Северной Евразии положена линейно-доменно-фокальная (ЛДФ) модель зон ВОЗ, разработанная в результате выполненных нами исследований (рис. 6) [34, 46].

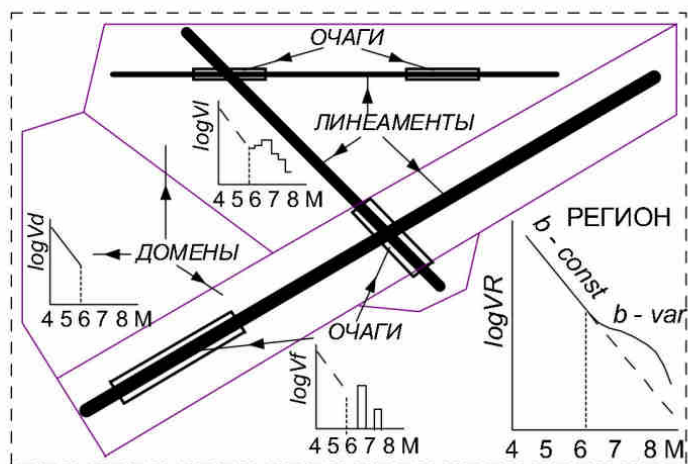


Рис. 6. Основные структурные элементы ЛДФ-модели зон ВОЗ. Приведены графики среднегодовой скорости потока V сейсмических событий во всем регионе (V_{RM}) и в составляющих его структурных элементах – линеаменте (V_l), доменах (V_d) и потенциальных очагах землетрясений (V_f). Показаны интервалы магнитуд, свойственные каждому типу структур.

В соответствии с принятой концепцией в ЛДФ-модели рассматриваются четыре масштабных уровня: крупный регион с интегральной характеристикой сейсмического режима и три его основных структурных элемента – линеаменты, в генерализованном виде представляющие оси верхних кромок трехмерных сейсмоактивных разломных или сдвиговых структур; домены, охватывающие квазиоднородные в тектоническом и геодинамическом отношении объемы геологической среды и характеризующиеся рассеянной (диффузной) сейсмичностью; потенциальные очаги землетрясений, указывающие на наиболее опасные участки геологических структур.

Структурные элементы зон ВОЗ (линеаменты, домены и потенциальные очаги) классифицируются по M_{max} – магнитуде максимально возможного в их пределах землетрясения. Классификация осуществлена с шагом 0.5 единицы магнитуды: $M \leq 8.5 \pm 0.2$, $\leq 8.0 \pm 0.2$, $\leq 7.5 \pm 0.2$, $\leq 7.0 \pm 0.2$, $\leq 6.5 \pm 0.2$ и 6.0 ± 0.2 . Знак \leq указывает на то, что каждый из линеаментов с M_{max} включает в себя и все менее крупные линеаменты,

вплоть до $M = 6.0$ (поскольку при генерализованном сейсмическом районировании, каким является ОСР, более или менее надежно выделяются линеаменты, генерирующие землетрясения с $M \geq 6.0$).

Верхний порог магнитуды (M_{max}) определяется реальной сейсмогеодинамической обстановкой, а нижний (M_{min}) – надежностью регистрации землетрясений с минимальной магнитудой, но представляющих определенную сейсмическую опасность для строительных и других объектов на земной поверхности. В исследованиях по ОСР-97 сейсмическая опасность рассчитывалась от землетрясений с $M \geq 4.0$, а картировалась с уровня $I_{min} \geq 5$ баллов с шагом в один балл шкалы MSK-64. Величина M_{max} оценивалась всеми доступными способами: по размеру древних и современных сейсмодислокаций, ширине зон динамического влияния главных сейсмогенных структур, протяженности и сегментации сейсмоактивных разломов, по размеру взаимодействующих геоблоков, по археологическим и историческим данным, по конфигурации графиков повторяемости землетрясений, по экстремальным значениям графика накопления деформаций в сейсмоактивных структурах, по пространственно-временному распределению афтершоков, по местоположению потенциальных очагов землетрясений максимальной магнитуды, распознанных теми или иными способами [21, 34].

Согласно ЛДФ-модели, как уже отмечалось, каждый из линеаментов, характеризующийся способностью генерировать землетрясения с M_{max} , включает в себя и линеаменты меньших рангов, вплоть до $M = 6.0$, поскольку вдоль них с определенной дисперсией происходят и менее крупные сейсмические события. Очаги с $M_{max} \leq 5.5$, как правило, принадлежат доменам. Потенциальные очаги землетрясений характеризуются конкретной магнитудой, обычно $M_{max} \geq 7.0$ и чаще всего приурочены к тем или иным линеаментам.

В отличие от доменов, которые покрывают всю исследуемую территорию без просветов и наложений, линеаменты пересекают друг друга, естественным образом создавая решетку и повышенную сейсмическую опасность в ее дислокационных узлах, поскольку вблизи таких узлов сейсмический эффект обуславливается уже активностью не одного, а по меньшей мере двух линеаментов. Линеаменты могут изламываться, образуя сегменты того же ранга. Узлы пересечения и изломов линеаментов, как известно, представляют наибольшую сейсмическую опасность и по другим причинам: именно в них чаще всего образуются зацепы пород, вокруг которых в геологических блоках накапливаются, а затем сбрасываются в виде землетрясений большие порции упругих напряжений. Поскольку реальные очаги не располагаются строго вдоль осей линеаментов, а отклоняются от них определенным образом в раз-

ные стороны, для регионов Северной Евразии получены среднестатистические значения таких отклонений. Это позволило наилучшим образом приблизить конструируемые для ОСР модели прогнозной сейсмичности к реальным природным условиям.

Зоны возникновения очагов землетрясений Северной Евразии.

На рис. 7 приведена ЛДФ-модель зон возникновения очагов землетрясений Северной Евразии (см. врезку на комплекте карт ОСР-97).

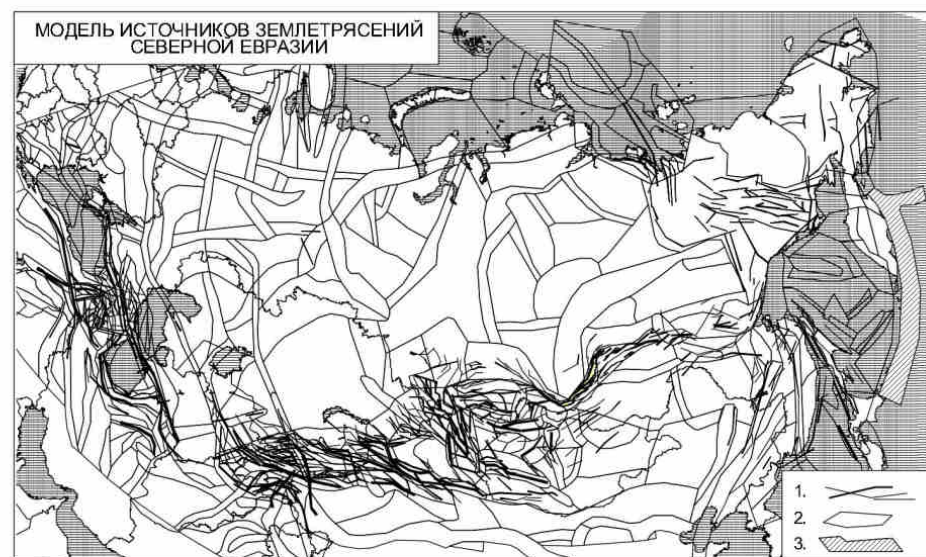


Рис.7. Модель зон возникновения очагов землетрясений Северной Евразии:

1 – сейсмические линеаменты, генерирующие землетрясения с $M \geq 6.0$ (толщина линеаментов пропорциональна магнитуде M_{max}); 2 – домены, характеризующиеся рассеянными очагами землетрясений с $M \leq 5.5$; 3 – объемная фокальная зона Курило-Камчатских землетрясений.

Исходной величиной для расчета сейсмического режима основных структурных элементов зон ВОЗ является нормированный на единицу времени (в данном случае – на один год) общий поток сейсмических событий V_{RM} в конкретном регионе. Региональный поток V_{RM} вычисляется на основе каталога землетрясений, очищенного от форшоков, афтершоков и других групповых событий, с учетом периода представительной регистрации в регионе соответствующих сейсмических событий. Для каждого из интервалов магнитуд $M \pm 0.2$ определяется долго-

временная средняя величина V_{RM} , соответствующая среднему ежегодному количеству N_{RM} землетрясений с магнитудой M в регионе R или среднегодовой вероятности $P_{RM(t)}$ возникновения по крайней мере одного такого землетрясения в этом регионе.

В общей сложности на всей территории Северной Евразии выделено 1066 линеаментов и их сегментов с $M \geq 6.0$, 458 доменов с $M \leq 5.5$ и 11 потенциальных очагов с $M = 7.0$ и $M = 7.5$ (главным образом на Северном Кавказе и в Алтае). В пределах нескольких районов (прежде всего это относится к Камчатке), хотя их сейсмический потенциал оценивался как $M > 6.0$, не удалось выделить какие-либо линеаменты и они охарактеризованы рассеянными очагами землетрясений с соответствующими M . Крупная зона субдукции Курило-Камчатского региона рассматривалась в виде объемных (в том числе наклонных) доменов с повышенными значениями магнитуд. Зоны ВОЗ с промежуточной глубиной залегания очагов в Памиро-Гиндукуше и Восточных Карпатах были представлены в виде комбинации доменов с линеаментами, расположенными на соответствующей глубине.

Все количественные параметры зон ВОЗ, включая Специализированный каталог землетрясений Северной Евразии, географические координаты, характеризующие геометрию основных структурных элементов зон ВОЗ, их M_{max} и сейсмический режим приведены в Банке данных по ОСР-97 ОИФЗ РАН и на страницах Интернет.

Прогнозная сейсмичность и методика вычисления сейсмической опасности.

Для оценки сейсмической опасности на основе созданной по описанной выше методике ЛДФ-модели сейсмичности региона составлен вероятностными методами модельный каталог землетрясений на протяженный промежуток времени, измеряемый сотнями, тысячами и десятками тысяч лет. На рис. 8 в качестве примера показана карта очагов землетрясений Иран-Кавказ-Анатолийского региона (1.1 на рис. 4), построенная по модельному каталогу на период 100 лет.

Виртуальные очаги изображены в виде прямоугольников, размеры которых соответствуют моментной магнитуде M_w [61] «разыгрываемых» землетрясений, вычисляемой по M на основе корреляционных зависимостей или путем определения сейсмодислокационного момента M_0 . Расположение очагов относительно осей линеаментов и внутри доменов согласовано с данными о глубине залегания кровли консолидированной земной коры, а их ориентация в пространстве – с азимутами простирания и направлением падения плоскостей соответствующих линеаментов. На рис. 8 (внизу) для сравнения приведена наблюдаемая сейсмичность этого же региона. Сходство обеих карт свидетельствует о реалистичности принятой ЛДФ-модели зон ВОЗ.

На заключительной стадии работ по оценке сейсмической опасности и сейсмическому районированию сейсмический эффект на земной поверхности вычислялся от каждого виртуального очага в отдельности с учетом его размеров и особенностей затухания сейсмических сотрясений с расстоянием. Расчеты производились для каждого узла квадратной сетки, покрывающей с шагом $25 \times 25 \text{ км}^2$ всю территорию Северной Евразии. Всего в расчете участвовало около 100 тысяч узлов, для каждого из которых создавались гистограммы сейсмической сотрясаемости, используемые затем при картировании сейсмической опасности и в реализации других связанных с этим задач.

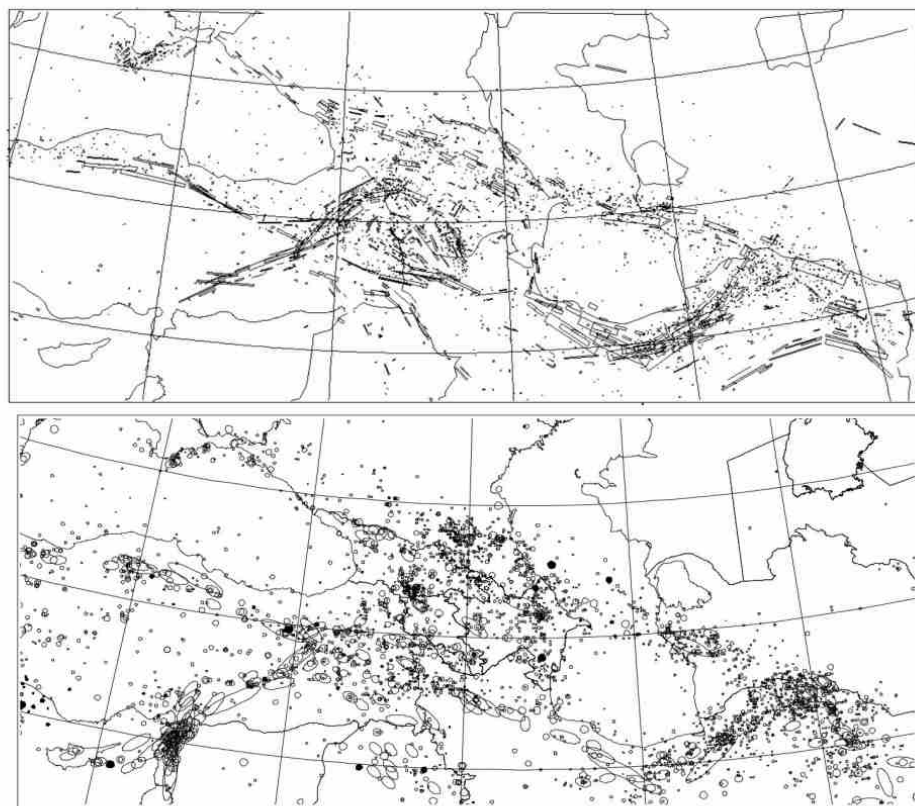


Рис. 8. Виртуальная прогнозная (вверху) и реальная (внизу) сейсмичность Иран-Кавказ-Анатолийского региона.

Расчеты сейсмической опасности осуществлены на основе усовершенствованной методики и компьютерных программ, подробно описанных в публикациях [10–12, 58–60]. Модель сейсмического эффекта I , зависящего от магнитуды M и гипоцентрального расстояния r , создавалась по эмпирическим данным регионов Северной Евразии (рис. 9).

Для прогноза сейсмической интенсивности сотрясений земной поверхности использованы представления о некогерентном протяженном очаге в виде излучающей площадки прямоугольной формы, как это показано на рис. 8 [7]. Виртуальный очаг характеризуется моментной магнитудой M_w . Длина и ширина площадки и их соотношение зависят от магнитуды и сброшенного в очаге упругого напряжения. Модель учитывала эффекты «насыщения» сейсмической интенсивности вблизи очага, нелинейность зависимости I балла от расстояния D и «насыщение» магнитуды при больших M_0 . Таким образом была решена проблема завышения балла при малых расстояниях и автоматически смоделирована эллиптичность изосейст в ближней зоне от очагов землетрясений больших магнитуд.

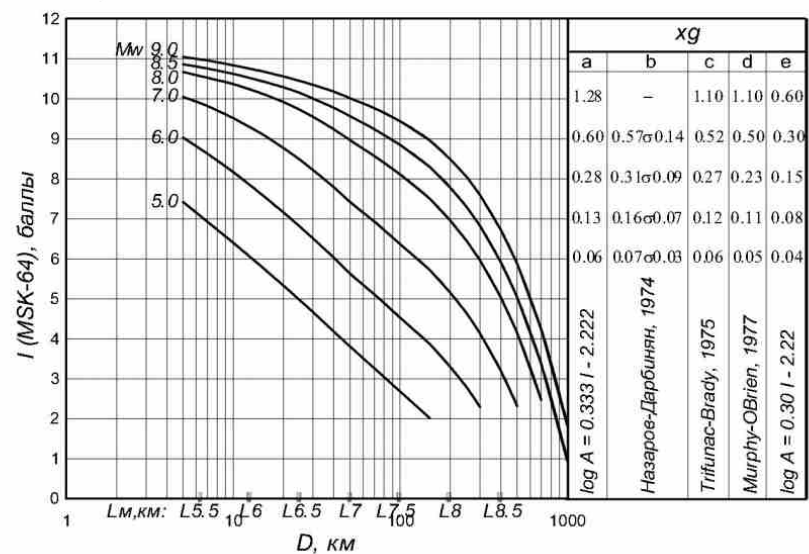


Рис. 9. Графики спада балльности I с расстоянием D (км) от сейсмических очагов протяженностью L_m землетрясений разных магнитуд M_w (слева) и соотношения интенсивности I (MSK-64) с пиковыми ускорениями PGA колебаний грунта в долях ускорения силы тяжести g , по данным разных авторов: а – зависимость, принятая в ОИФЗ при создании карты Северной Евразии по программе GSHAP [57] в параметрах PGA ; б – зависимость, используемая в ряде европейских стран; в – зависимость, авторы остальных соотношений указаны в таблице; в столбце б приведена величина стандартного отклонения $\pm\sigma$.

КОМПЛЕКТ КАРТ ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Основные положения и организация работ по ОСР-97.

Программа исследований по ОСР-97 [36] выполнялась большим коллективом исполнителей из нескольких десятков исследовательских институтов Российской академии наук, ее Сибирского, Дальневосточного и Уральского отделений, а также академий наук бывших союзных республик (см. список организаций в конце статьи) [31]. Общее руководство всеми исследованиями осуществлял В.И. Уломов. Методологические основы и новую технологию общего сейсмического районирования разработали В.И. Уломов и А.А. Гусев. Работа по программе ОСР-97 проводилась в тесной координации четырьмя тематическими рабочими группами, возглавлявшимися ведущими специалистами:

- Унификация специализированного каталога землетрясений (Н.В. Кондорская, В.И. Уломов).
- Создание модели зон возникновения очагов землетрясений (В.И. Уломов, В.Г. Трифонов).
- Создание модели сейсмического эффекта (А.А. Гусев, Л.С. Шумилина).
- Расчет и картирование сейсмической опасности (В.И. Уломов, Л.С. Шумилина).

В основу концепции создания карт ОСР-97 были положены:

– представления о предельной величине максимальной возможной магнитуды землетрясений, обусловленной структурно-динамическим единством геофизической среды и развивающихся в ней сейсмических процессов, а в итоге – размерами, прочностными свойствами и интенсивностью геодинамического взаимодействия геоблоков;

– принцип двухстадийности в оценке сейсмической опасности, базирующийся на создании двух методологически взаимосвязанных прогнозных моделей – модели зон возникновения очагов землетрясений и модели создаваемого ими сейсмического эффекта (см. рис. 2);

– вероятностно-детерминистский подход к анализу сейсмологических и геолого-геофизических данных и к оценкам параметров сейсмической опасности, учитывающий наряду со случайными факторами закономерные процессы и явления.

Основой для создания комплекта карт ОСР-97, наряду с новой методологией, явилась более однородная по сравнению с использованной составителями карты ОСР-78 база сейсмологических и геолого-геофизических данных для всей территории Северной Евразии, представленная в картографическом и электронном виде в ГИС-технологии (ответственные исполнители В.И. Уломов, Ш.С. Андержанов, Ю.М. Колесников) и включающая в себя:

- Каталог землетрясений с $M \geq 4.5$ с древнейших времен по 1990 г., с $M \geq 3.5$ – с 1960 г. по 1990 г. и с $M \geq 5.8$ за период 1991–1995 гг. (отв. редакторы Н.В. Кондорская и В.И. Уломов).
- Каталог очагов палеоземлетрясений (А.А. Никонов, Е.А. Рогожин, [С.В. Хромовских]).
- Каталог потенциальных очагов крупных землетрясений (Г.И. Рейснер, Е.А. Рогожин, Л.И. Иогансон).
- Каталог механизмов очагов землетрясений с $M \geq 6.0$ (Л.М. Балакина, А.И. Захарова, А.Г. Москвина, Л.С. Чепкунас).
- Карта очаговой сейсмичности (В.И. Уломов, Н.С. Медведева, Т.П. Полякова, Л.С. Шумилина).
- Карта сейсмической регионализации территории Северной Евразии (В.И. Уломов).
- Карта новейшей тектоники Северной Евразии (А.Ф. Грачев).
- Карта активных разломов (В.Г. Трифонов, А.И. Кожурин).
- Карта градиентов изостатических гравитационных аномалий ([М.Е. Артемьев], М.К. Кабан).
- Карта сейсмогеологической таксономии (В.Г. Трифонов, [Н.В. Шебалин], В.И. Уломов).
- Карта сеймотектоники шельфов (И.П. Кузин, А.И. Иващенко, Б.А. Ассиновская).
- Идентификация и сейсмологическая параметризация зон возникновения очагов землетрясений (В.И. Уломов).
- Карта зон возникновения очагов землетрясений (линеamentно-доменно-фокальная модель) на территории Северной Евразии и характеристика их сейсмического режима (отв. редактор В.И. Уломов).
- Программно-математическое обеспечение расчетов сейсмической опасности (А.А. Гусев, В.М. Павлов, Л.С. Шумилина).
- Комплект карт районирования сейсмической опасности на территории Северной Евразии – ОСР-97 для трех уровней риска возможного превышения сейсмической опасности (В.И. Уломов, Л.С. Шумилина).

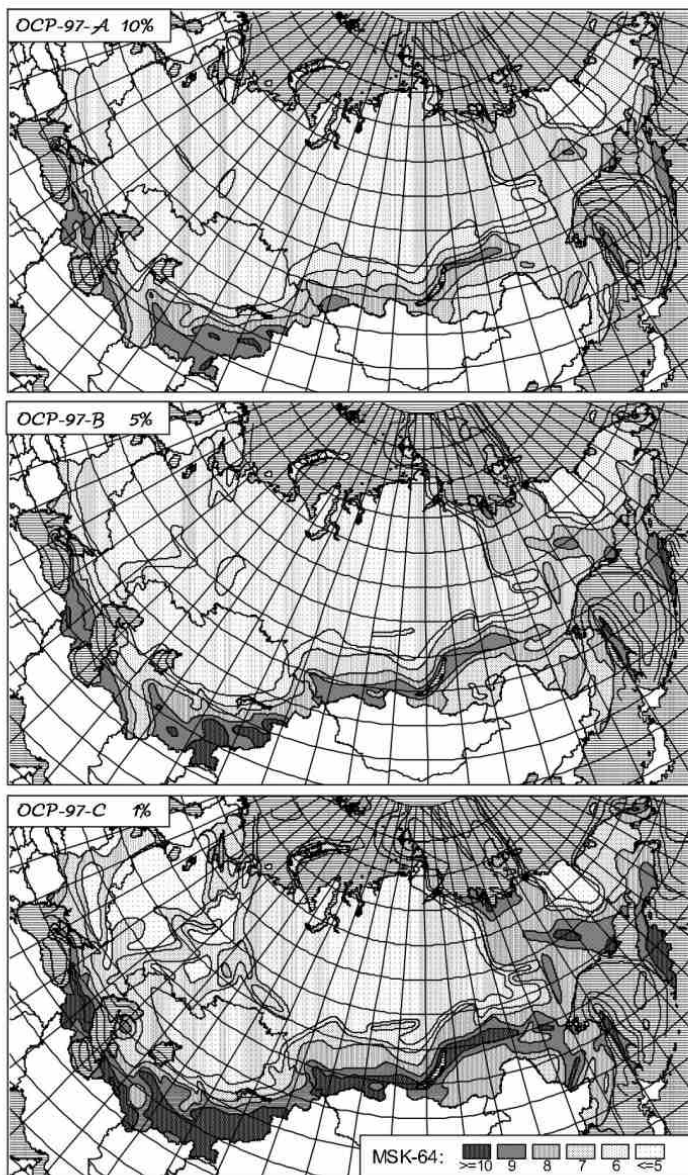


Рис. 10. Общий вид Комплекта карт ОСР-97 Северной Евразии.

Комплект карт ОСР-97 Российской Федерации является фрагментом карт, составленных в ОИФЗ РАН для всей территории Северной Евразии в границах бывшего СССР (рис. 10).

Карты ОСР-97 (А, В, С) для России являются нормативным документом, позволяющим оценивать степень сейсмической опасности в средних грунтовых условиях для объектов разных сроков службы и категорий ответственности, на трех уровнях, отражающих расчетную интенсивность I сейсмических сотрясений в баллах шкалы MSK-64, ожидаемую на данной площади с заданной вероятностью $P(\%)$ в течение определенного интервала времени t (в данном случае, $t = 50$ лет):

- Карта **ОСР-97-А** соответствует **10%**-ной вероятности превышения (или 90%-ной вероятности не превышения) расчетной интенсивности в течение 50 лет (период T повторяемости сотрясений – один раз в 500 лет);

- Карта **ОСР-97-В** – **5%**-ной вероятности превышения (или 95%-ной вероятности не превышения) расчетной интенсивности в течение 50 лет ($T = 1000$ лет);

- Карта **ОСР-97-С** – **1%**-ной вероятности превышения (или 99%-ной вероятности не превышения) расчетной интенсивности в течение 50 лет ($T = 5000$ лет).

В иной трактовке, карты ОСР-97-А, ОСР-97-В и ОСР-97-С характеризуют 90%-ную вероятность не превышения (или 10%-ную вероятность превышения) расчетной сейсмической интенсивности в течение 50, 100 и 500 лет, соответственно.

В соответствии с решением Рабочей группы (РГ) Госстроя РФ по корректировке Строительных норм и правил (СНиП) «Строительство в сейсмических районах» карта ОСР-97-В рекомендована для использования в массовом гражданском и промышленном строительстве, карта ОСР-97-А – для строительства объектов, непродолжительного срока службы и не угрожающих человеческой жизни, и карта ОСР-97-С – для особо ответственных сооружений (атомные станции, крупные гидротехнические сооружения, экологически опасные объекты и т.п.).

Кроме этого, на изданном комплекте карт «Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации» помещены карты сейсмической регионализации и зон возникновения очагов землетрясений Северной Евразии. С целью учета воздействий на строительные объекты многократных сейсмических сотрясений меньшей интенсивности, но более часто возникающих по сравнению с повторяемостью максимальных сотрясений (I_{\max}), для всей рассматриваемой территории приведены и карты периодов повторяемости сейсмического эффекта величиной 7, 8 и 9 баллов.

Площади зон сейсмической интенсивности на картах ОСР-97 Российской Федерации.

В соответствии с картами ОСР-97 (А, В, С) для территории Российской Федерации на рис. 11 приведены размеры площадей зон 6, 7, 8 и ≥ 9 баллов шкалы MSK-64 в процентах по отношению ко всей площади России. В первом столбце гистограммы показаны аналогичные величины для российского фрагмента старой карты ОСР-78, но без дифференциации зон балльности по периодам повторяемости сотрясений (т.е. без учета индексов 1,2,3 на прежней карте).

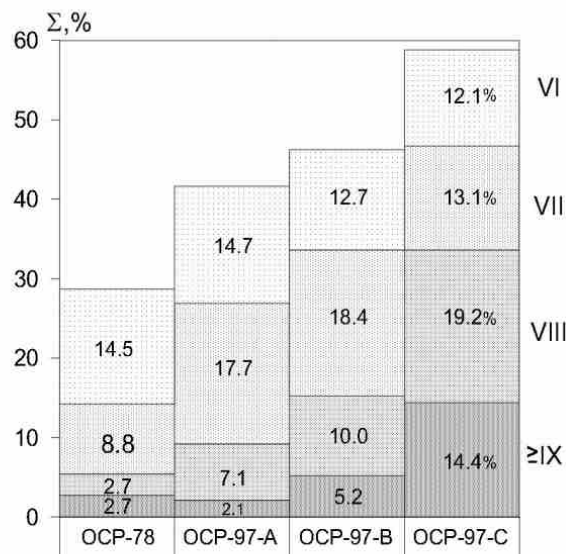


Рис. 11. Соотношения размеров площадей (% внутри прямоугольников) зон сейсмической интенсивности (римские цифры справа) на картах ОСР-97 (А, В, С) и ОСР-78. Шкала ординат отражает суммарные площади с сейсмической интенсивностью, превышающей VI, VII, VIII и \geq IX баллов.

Как видно на гистограмме, даже наиболее «рискованная» карта ОСР-97-А из нового комплекта карт превосходит по размерам площадей разной балльности старую карту ОСР-78. Незначительное

уменьшение площади 9-балльной зоны на карте ОСР-97-А, соответствующей I_{500} (т.е. $T=500$ лет), произошло главным образом за счет Прибайкалья, где по карте ОСР-78 она показана с индексом 2, что соответствует I_{1000} (т.е. $T=1000$ лет). На карте же ОСР-97-В площадь 9-балльной зоны Прибайкалья увеличилась. Менее всего претерпела изменения по своему размеру 6-балльная зона, определенным образом изменившая свою конфигурацию на каждой из карт ОСР-97. Остальные зоны увеличились по площади от 2–3 до 5–7 раз по сравнению с картой ОСР-78. Наиболее существенные изменения в сторону повышения оценки сейсмической опасности произошли на Северном Кавказе и на Дальнем Востоке, особенно в Приморском крае.

Поверхностные дислокации вдоль линейных структур.

Как известно, динамическое проявление внутрикоровых очагов землетрясений состоит не только в генерировании ими упругих сейсми-

ческих волн, вызывающих сотрясения окружающей среды, но и в возникновении необратимых смещений по разломам и деформаций земной поверхности. При крупных землетрясениях поверхностные дислокации могут достигать нескольких метров и представлять не меньшую опасность, особенно для протяженных строительных объектов (плотины, мосты, трубопроводы, транспортные магистрали и т.п.), чем само землетрясение.

В приведенной ниже таблице представлены средние и интервальные (в скобках) значения величин амплитуд a_M смещения бортов разломов вдоль линейных элементов разного ранга шириной w и интервалы времени Δt вспарывания очагов землетрясений соответствующих магнитуд M .

M	$a_M, \text{ м}$	$w, \text{ км}$	$\Delta t, \text{ сек}$
8.5 (8.3-8.7)	20 (15-30)	40	90-180
8.0 (7.8-8.2)	10 (7-13)	20	40-80
7.5 (7.3-7.7)	5.0 (4-6.5)	10	20-40
7.0 (6.8-7.2)	2.5 (2.0-3.0)	5	10-20
6.5 (6.3-6.7)	1.3 (1-1.6)	3	6-10
6.0 (5.8-6.2)	0.6 (0.5-0.9)	2	3-5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по общему сейсмическому районированию территории Российской Федерации и сопредельных регионов достигнуто следующее:

- ♦ Разработаны линейно-доменно-фокальная (ЛДФ) модель зон возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ) и методика их сейсмологической параметризации, в соответствии с которой исходной сейсмоактивной единицей являются регионы размером 3–4 тыс. кв. км., а их основными сейсмогенерирующими структурными элементами – линейменты (с $M_{\max} \geq 5.8$), домены (с $M_{\max} \leq 5.7$) и потенциальные очаги землетрясений (с $M_{\max} \geq 6.8$). При этом в основу создания модельного каталога, используемого для расчетов сейсмической опасности, положены алгоритмы пространственно-временного и магнитудного распределения виртуальных сейсмических очагов относительно этих структурных элементов.

- ♦ Проведена систематизация разнообразной нестандартной информации о региональной сейсмичности (структурирование поля сейсмичности, нелинейность графиков повторяемости землетрясений и затухания сейсмического эффекта и др.) и о сейсмических очагах (размер, ориентировка, моментные магнитуды, сброшенное напряжение) и др. На

ее основе выполнены расчеты сейсмической сотрясаемости повышенных значений частоты возникновения землетрясений с $M_{max} \geq 6.8$, наблюдаемых в каждом из сейсмоактивных регионов, что позволило получить более реалистичные оценки сейсмической опасности по сравнению с сильно заниженными прежними оценками (на карте ОСР-78).

◆ Усовершенствована методика расчета сейсмической опасности, позволяющая оперировать с протяженными сейсмическими очагами и вычислять амплитуды высокочастотных сейсмических колебаний путем расчета поля излучения вокруг двумерного прямоугольного некогерентного излучателя. При таком подходе эффекты «насыщения» амплитуд вблизи протяженного очага корректно моделируются даже для предельно больших магнитуд землетрясений.

◆ Разработаны и созданы две основополагающие модели для оценки сейсмической опасности:

а) модель зон возникновения очагов землетрясений, единая для всей территории Северной Евразии (СЕА) и включающая в себя три основные структурные элемента – линеаменты, домены и потенциальные очаги землетрясений (ЛДФ-модель), параметризованные в соответствии с долговременным средним сейсмическим режимом каждого из регионов СЕА;

б) модель сейсмического эффекта, создаваемого всеми структурными элементами зон ВОЗ и определяющего сейсмическую сотрясаемость земной поверхности.

◆ Создан комплект ОСР-97-А, ОСР-97-В и ОСР-97-С, позволяющих оценивать степень сейсмической опасности для объектов разных сроков службы и категорий ответственности на трех уровнях вероятности – 90%, 95% и 99% не превышения (или 10%, 5% и 1% возможного превышения) в течение 50 лет расчетной сейсмической интенсивности сотрясений в баллах, указанных на каждой из этих карт для средних грунтовых условий регионов. При этом карта ОСР-97-А соответствует 500-летнему периоду повторяемости таких сотрясений и может быть использована при строительстве объектов, повреждение которых не повлечет за собой человеческие жертвы. Карта ОСР-97-В, требующая более высоких затрат на сейсмостойкое строительство и соответствующая 1000-летнему периоду повторяемости сотрясений, предназначена для массового гражданского и промышленного строительства. Карта ОСР-97-С, соответствующая 5000-летнему периоду повторяемости указанного на ней сейсмического эффекта, необходима для выбора мест и строительства особо ответственных сооружений.

◆ Созданы карты периодов повторяемости 7-, 8- и 9-балльных сотрясений на всей территории Российской Федерации и сопредельных регионов, которые позволяют учитывать в строительном деле более слабые, но частые по сравнению с максимальной сейсмической интенсивностью, сейсмические воздействия.

◆ Составлен список городов и населенных пунктов субъектов Российской Федерации, расположенных в сейсмоопасных районах и характеризующихся сейсмической интенсивностью 6 и более баллов по 12-балльной макросейсмической шкале MSK-64 для трех уровней риска (10%, 5% и 1%) возможного превышения расчетных сейсмических воздействий.

◆ Комплект новых карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97-А, ОСР-97-В и ОСР-97-С – включен в новую редакцию Строительных норм и правил (СНиП) «Строительство в сейсмических районах» и принят Госстроем РФ в качестве нормативных документов, выполнение которых является обязательным для всех проектных и строительных организаций, осуществляющих работы на территории России.

Новая технология оценки сейсмической опасности и сейсмического районирования, а также программно-математическое обеспечение ее реализации, в отличие от западной, получила название ВОСТОК-97 (EAST-97 – Earthquake Adequate Sources Technology – Технология адекватных очагов землетрясений).

В решении практически всех задач сейсмического районирования использованы вероятностные и вероятностно-детерминированные характеристики, учитывающие как случайные, так и закономерные факторы пространственно-временного и энергетического развития сейсмогеодинамических процессов, а также разного рода неопределенности (погрешности в определении местоположения и размеров очагов землетрясений, в идентификации зон возникновения очагов землетрясений, в оценке сейсмического эффекта и т.п.).

Фиксация всего огромного массива сейсмологических и геолого-геофизических данных в цифровом и электронном виде в Географической информационной системе (ГИС), в том числе на компакт-диске, является одним из фундаментальных отличий новой технологии по сравнению со всеми предыдущими и позволяет адекватно осуществлять необходимые расчеты по оценке сейсмической опасности и сейсмического риска, а также при создании более детальных карт сейсмического районирования (ДСР, СМР и др.).

Таким образом, исследованиями установлено, что свыше трети территории России подвержено 7-балльным сейсмическим воздействиям, требующим проведения антисейсмических мероприятий. Более 15% площади страны занимают чрезвычайно опасные в сейсмическом отношении 8–9-ти и 9–10-балльные зоны. К ним относятся весь Дальний Восток, юг Сибири, а также Северный Кавказ. Определенную угрозу в сейсмическом отношении представляют и 6-7-балльные зоны Европейской части России. Это, прежде всего, Средний Урал и Приуралье, Приазовье, Поволжье, Кольский полуостров и сопредельные с ними территории. В нефтедобывающих районах Татарстана, на горно-промышленных объектах Пермской и Кемеровской областей и других субъектов Российской Федерации к естественной сейсмичности добавляется и индуцированная локальная сейсмогеодинамическая активизация, способная причинить дополнительный ущерб местному хозяйству. Известны сейсмические явления и в Воронежской области, где расположена Ново-Воронежская АЭС. Сейсмоопасными и в связи с этим экологически уязвимыми являются бассейны Черного и Каспийского морей, шельфы моря Лаптевых, Охотского, Чукотского и Баренцева морей, являющиеся поставщиками газо- и нефтепродуктов. Продолжительные низкочастотные 4–5-балльные сотрясения, распространяющиеся на огромные расстояния от заглубленных очагов крупных землетрясений в Восточных Карпатах, способны повредить чувствительные к таким колебаниям уникальные высотные строительные объекты даже на большом удалении от эпицентров, в том числе на территории Москвы и Московской области.

Сейсмическая опасность растет в прямой связи с урбанизацией и хозяйственным освоением сейсмоопасных территорий, а также вследствие активного воздействия человека на литосферную оболочку Земли (бесконтрольная откачка нефти и газа, добыча других полезных ископаемых, строительство крупных гидротехнических сооружений, захоронение промышленных отходов и т.п.). Повышенный сейсмический риск связан с размещением в сейсмоактивных регионах атомных электростанций и других экологически опасных объектов, поскольку даже незначительные землетрясения и вторичные поражающие факторы (оползни, обвалы, трещины на земной поверхности и т.п.) могут нарушить их нормальное функционирование.

Дальнейшее развитие фундаментальных исследований в области сейсмогеодинамики и сейсмического районирования должно быть направлено на создание научных основ и методов динамического районирования сейсмической опасности, основанных на изучении динамики сейсмичности, миграции сейсмической активизации, выявлении потенциальных очагов землетрясений и разработке других нерешенных проблем сейсмогенеза.

В области инженерной сейсмологии необходимо уделить особое внимание изучению вихревых явлений в грунте – своеобразных «сейсмических торнадо», приводящих к интенсивным локальным сейсмическим воздействиям и аномальному разрушению строительных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бунэ В.И., Медведев С.В., Ризниченко Ю.В., Шебалин Н.В. Успехи и надежды сейсмического районирования СССР // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1974. N 10. С.95-102.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1964. 625 с.
3. Горшков Г.П. О сейсмическом районировании Средней Азии // Тр. Сейсмол. ин-та АН СССР. N 79(6). 1938.
4. Горшков Г.П., Схема сейсмического районирования СССР, Юбилейный сборник, ч.1, М: АН СССР, 1947. 454 с.
5. Голицын Б.Б. Новая организация сейсмической службы в России. «Известия Постоянной Центральной сейсмической комиссии», т. 4, вып. 3, Императ. Академия наук, СПб., 1912.
6. Губин И.Е. Сеймотектонический метод сейсмического районирования, Труды Геофиз. института АН СССР, 1950, N 13 (140).
7. Гусев А.А. Описательная статистическая модель излучения очага землетрясений и ее применение к оценке сильного движения // Вулканология и сейсмология. 1984, №1, С. 3-22.
8. Гусев А.А., Мельникова В.Н. Связи между магнитудами - среднемировые и для Камчатки // Вулканология и сейсмология, 1990, №6, С. 55-63.
9. Гусев А.А. О необходимости корректировки документов, регламентирующих антисейсмические меры в СССР // Комплексная оценка сейсмической опасности. Вопросы инженерной сейсмологии. М.: Наука, 1991. Вып. 32. С. 147-160.
10. Гусев А.А., Шумилина Л.С. Некоторые вопросы методики общего сейсмического районирования // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии, Вып. 2-3. М.: ОИФЗ РАН, 1995, С. 289-300.
11. Гусев А.А., Павлов В.М., Шумилина Л.С. Новый подход к расчетам повторяемости сейсмического воздействия с целью построения карт сейсмического районирования // Современная сейсмология: достижения и проблемы. Научная конференция РФФИ, НГК РФ, ИС РАН по проблемам международного десятилетия по уменьшению опасности стихийных бедствий. М. 7-9 октября 1998 г. 26 с.
12. Гусев А.А., Шумилина Л.С. Моделирование связи балл-магнитуда-расстояние на основе представления о некогерентном протяженном очаге // Вулканология и сейсмология. 1999 (в печати)
13. Кейлис-Борок В.И., Кронрод Т.Л., Молчан Г.М. Алгоритм для оценки сейсмического риска // Вычислительная сейсмология. М.: Наука, 1973. Вып.6. С.21-43.
14. Медведев С.В. К вопросу об учете сейсмической активности района при строительстве, Труды сейсмологического института АН СССР, N119, 1947.
15. Медведев С.В. Вопросы сейсмического районирования, Бюлл. Совета по сейсмологии, N8, 1960.

16. Мокрушина Н.Г., Шебалин Н.В. Оценка качества прогноза мест сильных сотрясений на картах сейсмического районирования СССР. Часть П. Карта ОСР-78 // Комплексная оценка сейсмической опасности. М.: Наука, 1991. С. 122-125. (Вопросы инженерной сейсмологии; Вып.32).
17. Мушкетов И.В. Материалы для изучения землетрясений России. - Изв. Рус. Геогр. Общества, 1891, вып. 1. 62 с.; 1899, вып. 2. 106 с.
18. Мушкетов И.В., Орлов А.Н. Каталог землетрясений Российской империи. СПб., (Записки Русск. Геогр. Общества), 1893, 582 с.
19. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. (редакторы Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин) М.: Наука, 1977. 535 с.
20. Орлов А.П. О землетрясениях вообще и о землетрясениях Южной Сибири и Туркестанской области в особенности. Казань, 1872. 77 с. (Труды Общества естествоиспытателей при Казанском университете; Т. 3, №1, вып. 1).
21. Рейснер Г.И., Иогансон Л.И. Сейсмический потенциал западной России, других стран СНГ и Балтии // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. М.: ОИФЗ РАН, 1993, С. 186-195.
22. Ризниченко Ю.В. От активности очагов землетрясений к сотрясаемости земной поверхности, Известия АН СССР, Физика Земли, 1965, N11, стр.1-12.
23. Ризниченко Ю.В. Расчет сотрясаемости точек земной поверхности от землетрясений в окружающей области // Изв. АН СССР. Физика Земли. М.: Наука, 1966. N5. С.16-32.
24. Ризниченко Ю.В., Захарова А.И., Сейдузова С.С. Карты сейсмической сотрясаемости. // Докл. АН СССР. М.: Наука, 1967. Т.174. N4. С. 830-832.
25. Сейдузова С.С., Захарова А.И. Карты сотрясаемости Узбекистана // Сейсмический режим. Душанбе: Дониш, 1969. С. 99-109.
26. Сейдузова С.С., Захарова А.И. Программа расчета карт сейсмической сотрясаемости // Изучение сейсмической опасности. Ташкент: Фан, 1971. С. 21-28.
27. Сейсмическая сотрясаемость территории СССР. М.: Наука, 1979. 192 с.
28. Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978 г. М.: Наука, 1980. 307 с.
29. Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии (Ред. В.И.Уломов), Вып. 1. М.: ОИФЗ РАН, 1993, 303 стр.
30. Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии (Ред. В.И.Уломов), Вып. 2-3. М.: ОИФЗ РАН. 1995. 490 стр.
31. Страхов В.Н., Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования Северной Евразии. Физика Земли, №10, 1998. С. 92-96.
32. Уломов В.И. Динамика земной коры Средней Азии и прогноз землетрясений. Ташкент: ФАН, 1974, 215 с.
33. Уломов В.И. Тектоника литосферных плит и сейсмогеодинамика // Экспериментальная сейсмология в Узбекистане. Ташкент: Издательство «ФАН» Узбекской ССР. 1983. С. 3-25.
34. Уломов В.И. Решеточная модель очаговой сейсмичности и прогноз сейсмической опасности// Узбекский геологический журнал, 1987. № 6. С. 20-25.
35. Уломов В.И. Землетрясение в Армении: Стихия и ответственность, «Архитектура и строительство Узбекистана», N 12, 1989, С. 1-4.
36. Уломов В.И. Программа исследований по изучению сейсмичности и сейсмическому районированию Северной Евразии. ГНТП "Глобальные изменения природной среды и климата". М.: ИФЗ РАН. 1992. 21 стр.
37. Уломов В.И. Глобальная упорядоченность сейсмогеодинамических структур и некоторые аспекты сейсмического районирования и долгосрочного прогноза землетрясений // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. М.: ОИФЗ РАН, 1993, С. 24-44.
38. Уломов В.И. Волны сейсмогеодинамической активизации и долгосрочный прогноз землетрясений. Физика Земли, N 4, 1993, С. 43-53.
39. Уломов В.И. Об основных положениях и технических рекомендациях по созданию новой карты сейсмического районирования территории Российской Федерации // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 2-3. М.: ОИФЗ РАН, 1995, С. 9-26.
40. Уломов В.И. Региональные структуры сейсмичности // Глава 16, "Современная динамика литосферы континентов. Подвижные пояса" (Ред. Н.А.Логачев, В.С.Хромовских), М: Недра, 1995, С. 401-419.
41. Уломов В.И. Международная программа по оценке глобальной сейсмической опасности (Global Seismic Hazard Assessment Program - GSHAP), Физика Земли, N1, 1993, С. 89-92.
42. Уломов В.И. Оценка сейсмической опасности и временная схема сейсмического районирования Сахалина, // Федеральная система сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений, Информационно-аналитический бюллетень Министерства Российской Федерации по чрезвычайным ситуациям, Спец. выпуск, октябрь 1995, "Нефтегорское землетрясение 27 (28) мая 1995", Москва: МЧС России, Российская Академия наук, 236 стр.
43. Уломов В.И. Межрегиональное рабочее совещание "Методология и алгоритмы изучения региональной сейсмичности и оценки сейсмической опасности в Крым-Кавказ-Копетдагском регионе", Физика Земли, N3, 1995. С. 92-96.
44. Уломов В.И. Картирование очаговых зон землетрясений для сейсмического районирования Северной Евразии", Рабочее совещание по Программе "Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии", Физика Земли, N 9, 1995, С. 93-96.
45. Уломов В.И. Международное рабочее совещание "Исторические и доисторические землетрясения Кавказа", Физика Земли, №3, 1997, С. 95-96.
46. Уломов В.И. Моделирование зон возникновения очагов землетрясений на основе решеточной регуляризации. Физика Земли, N 9, 1998, С. 20-38.
47. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Сейсмическое районирование России на основе автоматизированных технологий // Проект. № 3, 1998. С. 4-8.
48. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект новых карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации // Сейсмостойкое строительство. № 4, 1998. С. 30-34.
49. Федотов С.А., Шумилина Л.С. Сейсмическая сотрясаемость Камчатки // Физика Земли. 1971, № 9. С. 3-16.
50. Форсайт Дж., Мальком М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений. М.: Мир, 1980. 280 с.
51. Ципенюк И.Ф. Повреждаемость и надежность крупнопанельных зданий при сейсмических воздействиях // Исследования по сейсмической опасности. Вопросы инженерной сейсмологии. Вып.29. М.: Наука, 1988. С. 141-153.
52. Шебалин Н.В., Мокрушина Н.Г. Оценка качества прогноза мест сильных сотрясений на картах сейсмического районирования СССР // Колебания грунта и сейсмический эффект при сильных землетрясениях. Вопросы инженерной сейсмологии. М.: Наука, 1982. Вып.23. С. 97-113.
53. Algermissen S.T., Perkins D.M. A technique for seismic zoning: General considerations and parameters // Proceedings of International Conference for Safer Construction: Research and Application. USA, 1973. P1-15.

54. Algermissen S.T. and Perkins D.M. (1976), A probabilistic estimation of maximum acceleration in the contiguous United States, USGS Open-File Report 76-416.
55. Bender B. and Perkins D.M. SEISRISK III: a computer program for seismic hazard estimation, U.S. Geol. Surv. Bull., 1772, 1987, pp.48.
56. Cornell, C.A. Engineering risk in seismic analysis // Bull. Seism. Soc. Am. 54, 1968, pp. 1583-1606.
57. Global Seismic Hazard Assessment Program. – Annali di Geofisica. Spec. issue: Technical Planning Volume of the ILP's, XXXVI, No. 3–4. 1993. 257 p.
58. Gusev A.A., Pavlov V.M. A computer program risk for estimating seismic intensity recurrence //5th Zonenshain Conference on Plate Tectonics. Moscow, November 22-25, 1995. Program and Abstracts, 129 p.
59. Gusev A.A., Shumilina L.S. Technique of seismic zoning.//5th Zonenshain Conference on Plate Tectonics. Moscow, November 22-25, 1995. Program and Abstracts. P.129.
60. Gusev A.A., Pavlov V.M., Shumilina L.S. An improved technique for determination of seismic hazard // J.of Earthquake Prediction Research. 1999. № 1 (в печати)
61. Hanks T.C. and Kanamori H. A moment magnitude scale, J. Geophys. Res., 84, 1979, pp. 2348-2350.
62. Kantorovich L.V., Keilis-Borok V.I. and Molchan G.M. (1974), Seismic risk and principles of seismic zoning. Series: Seismic design decision analysis, Department of Civil Engineering, MIT, Internal Study Report N 43, 26 p.
63. McGuire R.K. FORTRAN computer program for seismic risk analysis, U.S.Geol. Surv. Open File Rep., 76-77, 1976, pp.90.
64. Risnichenko Yu.V. Geophysical principles of evaluation of the seismic danger // Papers presented at 9th Assembly of European Seismol.Commission.Kobenhavn, 1967.P.1967.
65. Shapira A. Potential earthquake risk estimations by application of a simulation process.//Tectonophysics. 1983a. V.95. N 1/2. P.75-89.
66. Shapira A. A probabilistic approach for evaluating earthquake risks, with application to the Afro-Eurasian junction //Tectonophysics. 1983b. V.91. N3/4. P.321-334.
67. Shebalin N.V., Ulomov V.I., Tatevossian R.E., Trifonov V.G., Ioffe A.I., Kozhurin A.I. Unified Seismogeological Taxonomy of the Northern Eurasia, IUGG-Abstracts, SB21C-14, Boulder, U.S.A.,1995.
68. Ulomov V.I. Regional seismicity structures and some aspects of seismic zoning in Eurasia, Proceedings of PRC/USSR workshop on Geodynamics and seismic risk assessment, Beijing, China 1991, Seismolog. Press, 1993, pp. 283-301.
69. Ulomov V.I. Structural and dynamical regularity of Eurasia seismicity and some aspects of seismic hazard prediction, // European Seismological Commission, XXIV General Assembly 1994 September 19-24, Athens, Greece, Proceedings and Activity Report 1992-1994, Vol.1, pp. 271-281.
70. Ulomov V.I. On the identification and seismological parameterization of earthquake source zones. The Caucasus and adjacent area //Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus (edited by Domenico Giardini and Sergiei Balassanian), NATO ASI, Series 2: Environment - Vol. 28, ILP Publication n.333, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London, 1997, pp. 503 -522.

Приложение 1

Организации – ответственные исполнители исследований по проблеме «Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии»:

Объединенный институт физики им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (головная организация, Москва), Институт земной коры СО РАН (Иркутск), Объединенный институт геологии и геофизики СО РАН (Новосибирск), Якутский институт геологических

наук СО РАН (Якутск), Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (Южно-Сахалинск), Институт вулканологии ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский), Институт вулканической геологии и геохимии ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский), Северо-восточный комплексный НИИ ДВО РАН (Магадан).

Организации – соисполнители исследований по этой проблеме:

Геофизическая служба РАН, Геологический институт РАН, Международный институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, Кольский научный центр РАН, Институт геофизики и Горный институт Уральского Отделения РАН, «ВНИИГеофизика» и Нижне-Волжский НИИ геологии и геофизики Министерства природных ресурсов РФ, Воронежский Государственный Университет, Татарское геологоразведочное управление АО «Татнефть», Центральный НИИ строительных конструкций им. Кучеренко Госстроя РФ, Опытнo-методическая экспедиция АН Республики Азербайджан (Баку), Национальная служба сейсмической защиты Республики Армения (Ереван), Институт геологии АН Республики Армения (Ереван), Институт геофизики, геологии и геохимии АН Республики Беларусь (Минск), Институт геофизики АН Грузии (Тбилиси), Институт сейсмологии МН-НАН Республики Казахстан (Алматы), Институт геофизики и геологии АН Республики Молдова (Кишинев), Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Таджикистана (Душанбе), Институт сейсмологии АН Туркменистана (Ашгабад), Институт сейсмологии АН Республики Узбекистан (Ташкент), Институт геофизики АН Украины (Киев).

Составители основных и вспомогательных карт для ОСР-97:

Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97 (А, В, С): Уломов В.И. (отв. редактор), Шумилина Л.С. (зам. отв. редактора), Гусев А.А., Павлов В.М., Медведева Н.С.

Карта сейсмичности и сейсмической регионализации Северной Евразии: Уломов В.И. (отв. редактор), Шумилина Л.С., Кондорская Н.В., Трифонов В.Г., Полякова Т.П., Медведева Н.С.

Карта зон возникновения очагов землетрясений Северной Евразии: Уломов В.И. (отв. ред., Россия), Трифонов В.Г. (зам. отв. ред., Россия), Абдрахматов К.Е. (Казахстан), Аванесян А. (Армения), Аширов Т.А. (Туркменистан), Баласанян С.Ю. (Армения), Белосусов Т.П. (Россия), Борисенко Л.С. (Украина), Варзанашвили О.Ш. (Грузия), Грачев А.Ф. (Россия), Гасанов А.Г. (Азербайджан), Гусев Г.С. (Россия), Джанузиков К.Д. (Кыргызстан), Джибладзе Э.А. (Грузия), Ибрагимов Р.Н. (Узбекистан), Ивашенко А.И. (Россия), Имаев В.С. (Россия), Ишук А. (Таджикистан), Караханян А.С. (Армения), Кожурин А.И. (Россия), Кузин И.П. (Россия), Леви К.Г. (Россия), Медведева Н.С. (Россия), Мирзоев К.М. (Татарстан), Мурадов Ч.М. (Туркменистан), Назаретян С.Н. (Армения), Негматуллаев С.Х. (Таджикистан), Николаев В.В. (Россия), Никонов А.А. (Россия), Нурмагамбетов А. (Казахстан), Огаджанов В.А. (Россия), Пустовитенко Б.Г. (Украина), Рейснер Г.И. (Россия), Рогожин Е.А. (Россия), Садыков Ю. (Узбекистан), Смирнов В.Н. (Россия), Тимуш А.В. (Казахстан), Турдукулов А.Т. (Кыргызстан), Хромовских В.С. (Россия), Чедия О.К. (Кыргызстан), Шебалин Н.В., (Россия), Шумилина Л.С. (Россия), Щукин Ю.К. (Россия), Bahavar M. (Иран), Hessami K. (Иран), Jamal F. (Иран), Zhang Zhaocheng (Китай), Feng Hao (Китай), Turkelli N. (Турция).

Карты периодов повторяемости сейсмических сотрясений на территории Северной Евразии: Уломов В.И., Шумилина Л.С., Медведева Н.С.

**КРАТКИЙ СЛОВАРЬ
ОСНОВНЫХ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ**

- Активный разлом** – разлом земной коры или всей литосферы, по которому в историческое время или в голоцене (последние 10 тысяч лет) происходили смещения или возникали очаги землетрясений.
- Афтершоки** – последующие («повторные») толчки землетрясения, возникающие в том же очаге и обусловленные постепенно затухающим деформационным процессом дробления пород в очаговой области. Магнитуда наиболее крупного афтершока обычно существенно меньше магнитуды основного толчка. Продолжительность афтершоковой деятельности при крупных землетрясениях может измеряться годами.
- Землетрясение** (тектоническое) – колебания земной поверхности и недр Земли в результате прохождения сейсмических волн, вызванных быстрыми подвижками пород и высвобождением упругой энергии, накапливающейся в земных недрах в результате их геодинамического деформирования.
- Зоны возникновения очагов землетрясений** (зоны **ВОЗ**) – сейсмогенные зоны, являющиеся источниками землетрясений и представленные, как правило, линейными структурами разрывных и сдвиговых тектонических нарушений земной коры и верхней мантии. Характеризуются пространственным положением структур (вертикальная и горизонтальная протяженность, ширина, угол падения и др.), типом тектонических подвижек (сброс, надвиг, сдвиг и др.), максимальной возможной магнитудой генерируемых ими землетрясений, сейсмическим режимом землетрясений меньших магнитуд и другими важными параметрами.
- Магнитуда землетрясения** (по Рихтеру) – мера, характеризующая в относительных единицах величину землетрясения и энергетические параметры его очага. Различают три основных типа магнитуд: M_L – локальную (рихтеровскую) магнитуду, M_s – магнитуду, определенную по поверхностным сейсмическим волнам и магнитуду m_b , вычисленную по объемным волнам. Крупнейшие из известных землетрясений имели магнитуду 8.5-8.9 по шкале Рихтера, самые слабые – нулевую и даже отрицательную магнитуду. Большой физический смысл имеет так называемая «моментная» магнитуда M_w , определяемая через дислокационный сейсмический момент M_0 подвижки в сейсмическом очаге.
- Потенциальные очаги землетрясений** – наиболее опасные в сейсмическом отношении участки сейсмогенных зон, которые проявляли себя сейсмическими подвижками большой магнитуды (обычно, $M=7$ и выше) в очень далеком прошлом (палеосейсмодислокации, археологические данные и др.), отстоящим от настоящего времени на число лет, превышающее среднееголетний период повторяемости землетрясений такой магнитуды. По тектоническим и геодинамическим признакам могут быть выделены и менее явные потенциальные очаги, о сейсмической истории которых пока ничего не известно.
- Сейсмическая активность** – частота возникновения в пространстве и во времени (сейсмический режим) очагов землетрясений разных магнитуд, обусловленная особенностями пространственно-временного и энергетического развития глубинных сейсмогеодинамических процессов и структурой сейсмоактивных регионов. Характеризуется среднееголетними периодами повторяемости землетрясений разных магнитуд, миграцией сейсмической активизации, возникновением периодов повышенной активности и затишья и другими параметрами.

- Сейсмическая интенсивность** (или сейсмический эффект) – мера величины движений грунта при прохождении сейсмических волн, определяемая степенью разрушения строительных объектов, характером изменений земной поверхности и реакцией людей, испытавших землетрясение. Измеряется в баллах макросейсмической шкалы интенсивности, а также в ускорениях, скоростях, смещениях и других единицах, характеризующих сейсмические воздействия, и зависит не только от величины магнитуды, но и от расстояния до очага землетрясения, от грунтовых условий и от других факторов.
- Сейсмическая опасность** (кратко, **сейсмоопасность**) – сейсмическая интенсивность (сейсмический эффект), превышение (или не превышение) которой возможно в данном пункте с заданной вероятностью в течение заданного интервала времени.
- Сейсмическая уязвимость** – отношение ожидаемых затрат на восстановление объектов, которые могут быть подвержены разрушающему воздействию землетрясения заданной интенсивности, к их первоначальной стоимости. Измеряется в относительных единицах в пределах от 0 до 1.
- Сейсмический риск** – вероятность социальных и экономических потерь от предстоящих землетрясений за определенный промежуток времени в соответствии с расчетной сейсмической опасностью территории и уязвимостью строительных и природных объектов. Измеряется числом возможных жертв, экономическими и экологическими последствиями и другими показателями материального ущерба.
- Сейсмическое районирование** – картирование сейсмической опасности, основанное на идентификации зон возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ) и изучении сейсмического эффекта, создаваемого ими на земной поверхности. В зависимости от задач рассматриваются три основных вида сейсмического районирования – генеральное или общее (ОСР) и основанные на нем детальное (ДСР) и микрорайонирование (СМР). ОСР охватывает крупные геодинамически взаимосвязанные регионы и относится к средним грунтовым условиям. ДСР применяется для уточнения сейсмической опасности отдельных регионов и административных территорий. СМР используется, как правило, для сейсмического микрорайонирования населенных пунктов, участков крупного гражданского, промышленного, гидротехнического и прочего строительства. При этом учитываются локальные факторы усиления сейсмического эффекта из-за неблагоприятных грунтовых условий, а также ценность и уязвимость существующих зданий и инфраструктур.
- Сейсмичность** – распределение в пространстве и во времени очагов землетрясений разных магнитуд, обусловленное тектоническими подвижками пород земной коры и верхней мантии Земли в результате их геодинамического деформирования. Основной характеристикой сейсмичности того или иного региона являются карты и каталог землетрясений, содержащий сведения о датах их возникновения, пространственных координатах очагов, магнитуде, макросейсмическом эффекте и другие важные данные. В строительном деле термин «Сейсмичность» употребляется в смысле сейсмического эффекта на земной поверхности.
- Сейсмостойкое строительство** – строительство, осуществляемое в соответствии с официально принятыми картами сейсмического районирования и утвержденными нормами и правилами, которые содержат спецификацию строительных материалов, методов строительства и рекомендации по техническому проектированию в целях сейсмической безопасности.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ.....	5
СЕЙСМОГЕОДИНАМИКА СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ.....	9
Глобальная упорядоченность сейсмоактивных регионов.....	9
Сейсмичность и сейсмический режим регионов Северной Евразии..	11
ЗОНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИХ СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ.....	13
Модель сейсмических источников.....	13
Зоны возникновения очагов землетрясений Северной Евразии.....	16
Прогнозная сейсмичность и методика вычисления сейсмической опасности	17
КОМПЛЕКТ КАРТ ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ.....	20
Основные положения и организация работ по ОСР-97.....	20
Площади зон сейсмической интенсивности на картах ОСР-97 РФ...	24
Поверхностные дислокации вдоль линеаментных структур.....	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	25
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	29
Приложение 1. Организации – исполнители и соисполнители ис- следований по проблеме «Сейсмичность и сейсмическое райони- рование Северное Евразии»	32
Приложение 2. Краткий словарь основных сейсмологических тер- минов.....	34
Приложение 3. Список городов и населенных пунктов субъектов Российской Федерации, расположенных в сейсмоактивных рай- онах.....	36