

С. В. МЕДВЕДЕВ

НОВАЯ КАРТА СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ СССР

В статье описываются основные этапы исследований по сейсмическому районированию и приводится новая карта сейсморайонирования территории СССР

В начале работ по составлению новой карты сейсмического районирования была разработана Инструкция по сейсморайонированию, которая была опубликована в Трудах Института физики Земли № 17, 1961 г. Ранее ни в СССР, ни за рубежом такие указания не создавались.

Инструкция была составлена для установления единого подхода к созданию карт сейсморайонирования территорий союзных республик и сейсмоактивных зон РСФСР. Она оказывала помощь руководителям работ по зонам в планировании и организации исследований, поскольку в ней перечислены основные сейсмологические и геологические материалы, необходимые для составления карты, а также дана общая схема использования этих материалов.

Сейсмическое районирование производилось отдельно по зонам. Карты сейсмического районирования были получены в результате совместного анализа сейсмологических, инженерно-сейсмологических и геологических материалов.

Основы методики сейсмического районирования состояли в следующем. Работа по сейсмическому районированию имела две стадии. На первой стадии выявлялся прогноз сейсмичности, то есть прогноз землетрясений, отнесенный к зоне очагов, а не к поверхности Земли. Сейсмические данные, такие как карты эпицентров, глубины очагов, графики повторяемости, схемы сейсмической активности и т. п. характеризуют именно очаговую зону. Геологические данные, определяющие структурные особенности района, историю его тектонического развития и, в особенности, новейшие движения дают также оценку именно зоны возможного возникновения землетрясения, а не сотрясения на поверхности.

На второй стадии выявлялось различие в интенсивности сотрясений на поверхности Земли. Это делалось на основании полученных сведений по прогнозу сейсмичности, учитывая сведения, хотя и очень ограниченные, о глубинах очагов. Именно при этом использовались данные о соотношении между магнитудой землетрясения и интенсивностью его в эпицентре, выраженной в баллах.

Оконтурирование зон одинаковой сейсмической опасности производилось на основании сейсмических и геологических данных. Выделение сейсмоопасных зон основывалось на сведениях о распределении очагов землетрясений, данных о сейсмическом режиме, материалах о геотектонических особенностях района. Интенсивность ожидаемых землетрясений в пределах оконтурируемых зон определялась на основании инженерно-сейсмологических данных о разрушительных последствиях, про-

исходивших ранее здесь землетрясений наибольшей интенсивности. При этом учитывались сведения о повторяемости землетрясений разной интенсивности в рассматриваемой области.

Для сейсмического районирования были использованы сейсмостатистические сведения о землетрясениях как микросейсмические, так и инструментальные. Инструментальные данные о землетрясениях были использованы из Атласа землетрясений СССР, Бюллетеней сети сейсмических станций, Бюллетеней сильных землетрясений и Каталогов эпицентров, полученных с помощью временных сейсмических станций.

Для всех землетрясений использовались их магнитуды M , определенные как правило по смещениям в поверхностных волнах, зарегистрированным приборами общего типа. К 1-й группе отнесены землетрясения с магнитудой более $7\frac{1}{2}$, ко 2-й — от $6\frac{1}{2}$ до $7\frac{1}{2}$, к 3-й — от $5\frac{1}{4}$ до $6\frac{1}{4}$, к 4-й — от $4\frac{1}{4}$ до 5 и к 5-й группе — с магнитудой 4 и менее.

Во многих случаях определялся так же энергетический класс землетрясения K согласно Инструкции по динамическим измерениям, опубликованной в Трудах Института физики Земли № 17 за 1961 г.

Существенное значение для сейсмического районирования имеет точность определения координат эпицентров землетрясений. К классу А относились эпицентры, имеющие ошибку в определении координат менее 25 км. Если ошибка находится в пределах от 25 до 50 км, землетрясение относилось к классу Б. Это определяло границы изолиний.

Исторически сложившаяся неравномерность размещения сейсмических станций по территории и во времени искажала действительную сейсмичность района, что, естественно, учитывалось при сейсмическом районировании, например, по Кавказу и Средней Азии.

Данные о слабых землетрясениях, зарегистрированных сетью постоянных и в особенности, временных сейсмических станций, позволяли более детально характеризовать сейсмичность изучаемых зон. Слабые землетрясения возникают в пределах одной и той же структурной сейсмической зоны, что и сильные. Поэтому многочисленные слабые землетрясения позволяли, например, на Памире и в Копет-Даге оконтуривать зоны равной сейсмической опасности.

Для больших территорий и для продолжительных наблюдений слабые землетрясения относительно устойчиво характеризуют сейсмическую активность, что позволяло использовать карты сейсмической активности для определения максимального балла в рассматриваемой зоне. Закон повторяемости землетрясений детально изученный в работах Ю. В. Ризниченко, В. И. Бунэ, И. Л. Нерсесова и других был использован для оценки интенсивности ожидаемых землетрясений при районировании большинства районов СССР (Камчатка, Кавказ, Памир, Тянь-Шань и др.).

Однако необходимо отметить, что из-за коротких сроков инструментальных наблюдений изолинии карт сейсмической активности не могли быть повторены в изолиниях карт сейсмического районирования. Неравномерность сейсмического режима для малых по площади участков затрудняет проведение сейсмического районирования исключительно по картам сейсмической активности. Зоны наибольшей повторяемости соответствуют зонам высокой балльности на картах районирования в общих чертах. Однако в деталях изолиний согласования нет и изолинии карты сейсмической активности пересекают изолинии карты сейсмического районирования. Это, естественно, явилось следствием методики построения тех и других карт. В картах сейсмической активности использовались данные о землетрясениях 10—12 классов и иногда 13-го класса, и совершенно не использовались тектонические характеристики

зоны. При сейсмическом районировании существенную роль играли сведения о землетрясениях 13—15 классов и данные о сейсмотектонике района.

Особенный интерес представляют сравнительные данные о повторяемости землетрясений 14-го класса на 1000 кв. км. Эта повторяемость изменяется на два порядка, то есть от 20 лет для восточных районов СССР до 2000 лет для западных районов.

Значительно более ценными оказываются сведения в случае, если график повторяемости и соответствующие ему значения уровня сейсмической активности и угла наклона графика получены для участков выделенных на основании сейсмических и геологических данных. То же относится и к построению карт сейсмической активности, что было ярко подтверждено на примере, полученном при составлении разных карт сейсмической активности территории Узбекской ССР. Полезными оказались карты сейсмической активности в сочетании с данными о сильных землетрясениях для составления карт сейсмического районирования по республикам Кавказа и Средней Азии.

Из работ по инженерной сейсмологии важно указать, что в процессе исследований по уточнению карты сейсмического районирования были собраны и систематизированы сведения о характере проявлений на поверхности наиболее сильных землетрясений. Сведения о сотрясениях на поверхности Земли содержат описание последствий землетрясений с оценкой интенсивности землетрясений по шкале, разработанной в Институте физики Земли (Труды Геофизического института АН СССР № 21, 1953 г.). Эта шкала принята по ГОСТу 6249—52. Одновременно приведены сведения инструментального порядка о координатах очага и магнитуде.

Для малонаселенных районов имелись сведения инструментальные о магнитуде сильных землетрясений и координатах очага и не было об интенсивности в баллах в эпицентрах. Чтобы использовать полно такие сведения были проведены специальные исследования, в особенности по Средней Азии (Н. А. Введенская), по Кавказу (И. В. Ананин) и другим районам. Для сильных землетрясений, о которых имеются как инструментальные, так и макросейсмические сведения, были найдены региональные связи между интенсивностью в баллах и магнитудой. Кроме того, найдены средние площади сотрясений разной интенсивности по материалам обследования землетрясений. Эти данные были использованы для определения площадей сотрясений на поверхности при тех землетрясениях, о которых имеются только инструментальные сведения. Таким образом, сейсмостатистические сведения оказались значительно достовернее, что сделало более обоснованной карту сейсмического районирования.

Все данные о проявлении землетрясений на поверхности Земли были отнесены к одинаковым для всей карты СССР грунтовым условиям. В качестве таковых были приняты средние грунты, а именно грунты 2-й категории согласно Инструкции по сейсмическому микрорайонированию, опубликованной в Трудах Института физики Земли АН СССР № 22, 1962 г. К грунтам 2-й категории относятся глины и суглинки, находящиеся в твердом состоянии, пески и супеси при глубине залегания грунтовых вод 8 м и более, а также крупнообломочные грунты при глубине залегания грунтовых вод от 6 до 10 м.

Во всех случаях, когда были известны грунтовые условия, оценка интенсивности происходивших землетрясений корректировалась и приводилась к средним грунтовым условиям. Учитывалось, что наиболее благоприятными в сейсмическом отношении являются невыветрелые

скальные и полускальные грунты, при которых балльность во время землетрясения уменьшалась на один балл. Неблагоприятными грунтами, вызывающими при землетрясении повышение балльности на единицу, являются насыщенные водой гравийные, песчаные и глинистые грунты. Существенное значение при оценке сейсмического эффекта может иметь особенность рельефа (обрывистые берега, крутые горные склоны, овраги).

При проведении сейсмического районирования территории СССР существенную роль играли тектонические данные для оконтуривания зон одинаковой сейсмической опасности, поскольку землетрясения представляют собою одно из проявлений тектонической деятельности. Тектоническая деятельность обусловлена процессами, происходящими в недрах Земли на больших глубинах порядка нескольких сот километров. Эти процессы первичного тектогенеза должны проявляться на поверхности Земли на такой территории, линейные размеры которой соизмеримы с глубиной, на которой происходят эти процессы. Однако при проведении сейсмического районирования приходилось учитывать, что неоднородность пластических свойств материала земной коры по глубине и по простиранию вызывает дифференциацию интенсивности вертикальных перемещений на рассматриваемой территории. Механизм возникновения землетрясения представлялся как результат разрывов сплошности вещества в земной коре при относительном движении ее отдельных участков.

В тектоническом отношении сейсмоактивные зоны Советского Союза разделяются на три категории.

1. Платформенные участки, в которых с третичного периода происходят интенсивные движения; примерами могут служить Тянь-Шань и Прибайкалье.

2. Участки альпийских геосинклиналей, к которым на территории СССР относятся Карпаты, Крым, Кавказ, Памир.

3. Участки, прилегающие к границам континентальных и океанических областей, расположенные в районе Камчатки и Курильских островов.

Сопоставление геологических и сейсмических данных позволило выявить некоторые закономерности в их связях. Показателем повышенной сейсмичности территории является интенсивность новейших тектонических движений. Поэтому при районировании выделялись зоны с резко различной интенсивностью. В качестве количественного показателя интенсивности вертикальных движений принимался градиент скорости этих движений, который представляет изменение скорости на единицу расстояния. Во многих случаях определить градиенты скоростей не представлялось возможным. Это относится, например, к областям перестройки плана тектонического развития, при котором поднятие сменялось прогибанием или наоборот.

Непосредственное сопоставление геологических и сейсмических материалов проводилось с учетом того, что они характеризуют сейсмическую деятельность за весьма разные интервалы времени, различающиеся на 5—6 порядков. При составлении карты сейсмического районирования предполагалось, что сейсмический режим для крупных сейсмически активных структур постоянен для интервала в несколько тысяч лет.

Составленные карты сейсмического районирования по отдельным зонам сопровождались отчетами, содержащими инструментальные данные о землетрясениях, инженерно-сейсмологические и геологические сведения. Инструментальные данные включают каталоги эпицентров

землетрясений, карты эпицентров, графики повторяемости и карты сейсмической активности. Инженерно-сейсмологические сведения о землетрясениях содержат каталоги землетрясений с интенсивностью 6 и более баллов, карты изосейст землетрясений и сводные карты изосейст. Геологические данные содержат карты, на которых отражены тектонические области, различающиеся историей развития, зоны контрастных сочленений или глубинных разломов, распределение новейших движений, тектонические разрывы регионального значения и молодые вулканы.

На новой карте сейсмического районирования выделены с помощью изолиний районы, в которых в условиях средних грунтов возможны колебания при землетрясениях интенсивностью 9, 8, 7 и 6 баллов по шкале ГОСТ 6249-52.

Работы по сейсмическому районированию выполнялись в следующих учреждениях: Институт физики Земли АН СССР (головной институт), Институт геофизики АН Украинской ССР (Львовский филиал), Институт геологии и полезных ископаемых АН Молдавской ССР, Институт минеральных ресурсов АН Украинской ССР, Институт геофизики АН Грузинской ССР, Институт географии АН Грузинской ССР, Геологический институт АН Грузинской ССР, Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР, Институт геологических наук АН Армянской ССР, Институт геологии АН Азербайджанской ССР, Отдел сейсмологии и разведочной геофизики АН Туркменской ССР, Институт геологии АН Туркменской ССР, Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Таджикской ССР, Институт геологии АН Таджикской ССР, Институт математики АН Узбекской ССР, Институт геологии и разработки нефтяных и газовых месторождений АН Узбекской ССР, Институт физики, математики и механики АН Киргизской ССР, Институт геологии АН Киргизской ССР, Институт геологии и геофизики СО АН СССР, Институт земной коры СО АН СССР, Якутский филиал СО АН СССР, Институт вулканологии СО АН СССР, Сахалинский комплексный научно-исследовательский институт СО АН СССР.

Составление карты сейсмического районирования завершает этап исследований в области инженерной сейсмологии. В дальнейшем предстоит опубликовать пояснительные материалы к карте сейсмического районирования. Предполагается, что эти материалы будут представлять собою монографию объемом более 30 печатных листов. Эта монография будет содержать статьи по всем сейсмическим регионам СССР.

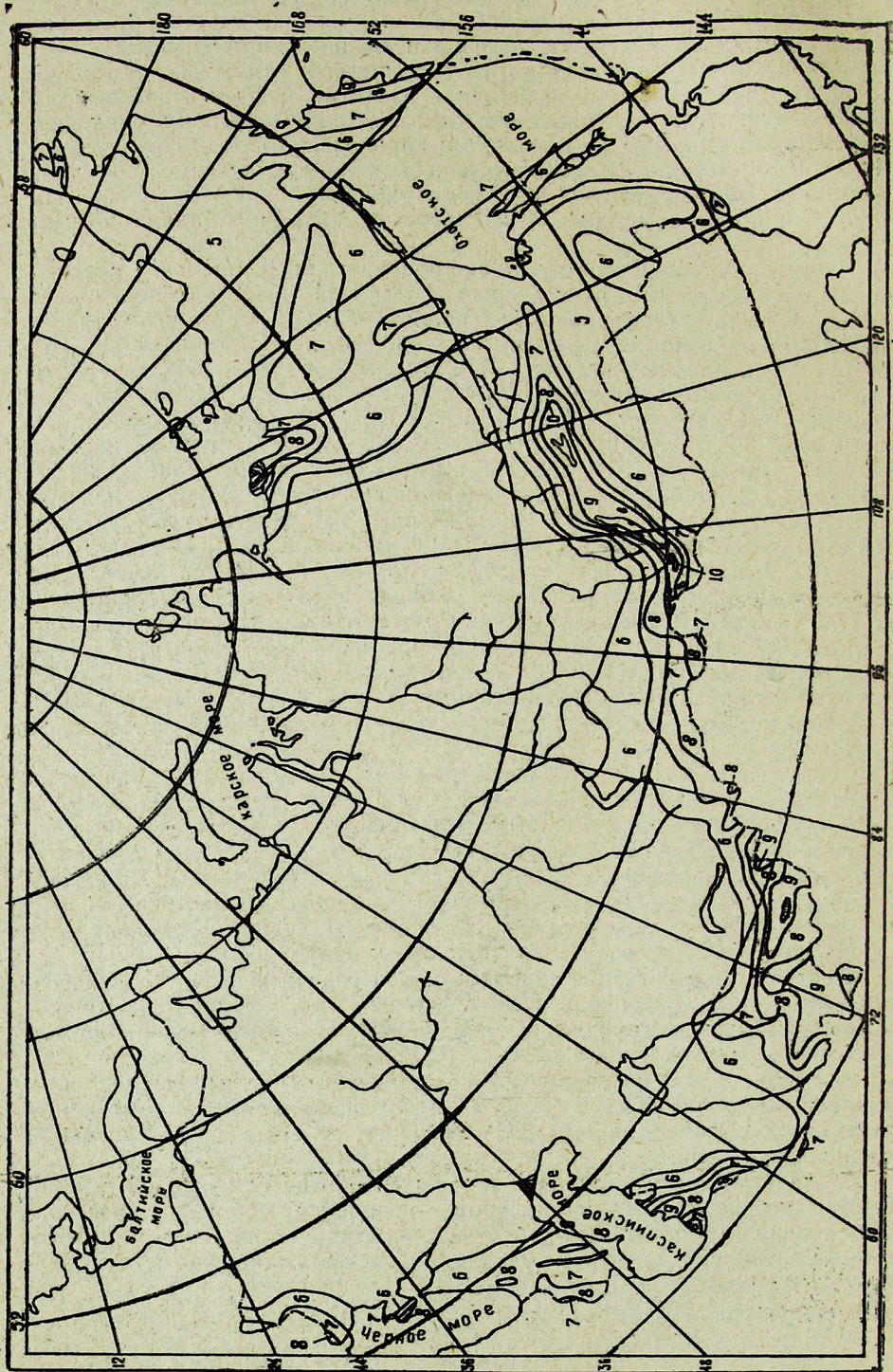
В дальнейшем исследования в области сейсмического районирования целесообразно проводить по следующим направлениям:

- 1) совместное изучение сейсмических и геологических условий возникновения землетрясений в связи с данными по сейсмическому режиму, по новейшим тектоническим движениям, строению земной коры и геофизическим параметрам;

- 2) исследование особенностей сейсмического режима в различных местах территории СССР с детальным анализом повторяемости землетрясений, а также изучения предвестников сильных землетрясений и афтершоков;

- 3) дальнейшая разработка основных вопросов инженерной сейсмологии с перспективами составления детальных карт сейсмического районирования, учитывающих местные особенности инженерно-геологической обстановки, спектров колебаний, их продолжительности и других количественных показателей.

Институт физики Земли АН СССР



Фиг. 1. Карта сейсмического районирования территории СССР. Цифры указывают интенсивность в баллах по шкале.