

Е
А 40

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Институт физики Земли им. О. Ю. ШМИДТА

Э. М. Э С Е Н О В

ИЗУЧЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ГРУНТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ
(на примере городов Западной Туркмении)

(01.051 — Геофизика)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МОСКВА — 1969

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Институт физики Земли им. О. Ю. ШМИДТА

НА ПРАВАХ РУКОПИСИ

Э. М. Э С Е Н О В

ИЗУЧЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ГРУНТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ
(на примере городов Западной Туркмении)

(01.051 — Геофизика)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МОСКВА — 1969

Изучение природы неравномерного воздействия землетрясений на здания и сооружения в зависимости от параметрических характеристик грунтов является одним из актуальных направлений в инженерной сейсмологии. Определение степени сейсмоопасности грунтов сводится к изучению, анализу и сопоставлению их сейсмических характеристик и, на основе этого, расчету относительных приращений сейсмической интенсивности.

Автор диссертации поставил следующие задачи.

1. Определить сейсмические характеристики грунтов в пределах зоны малых скоростей (ЗМС) на примере городов Западной Туркмении.

2. Изучить применимость комплексного подхода к сейсмическому микрорайонированию с использованием инженерно-геологических данных (качественный подход) и физических характеристик грунтов на основе инструментального определения (количественный подход).

3. Составить схемы сейсмической интенсивности и микрорайонирования (в баллах) для гг. Небит-Дага, Красноводска и Челекена.

4. Разработать региональную схему приращений сейсмической интенсивности для условий Западной Туркмении.

Под руководством автора осуществлены инструментальные наблюдения по изучению скоростей распространения объемных сейсмических волн в верхней части геологического разреза, называемой зоной малых скоростей (ЗМС). В результате анализа и обобщения полученных материалов изучены некоторые сейсмические характеристики грунтов и показана применимость сравнения акустических жесткостей с учетом затухания колебаний, данных о поперечных волнах и метода деформаций в местных грунтовых условиях для расчета приращений сейсмической интенсивности и составления карт сейсмического микрорайонирования.

Диссертация состоит из предисловия, введения, 6 глав и заключения, а также приложения каталога ощутимых землетрясений за 1876—1967 гг.

Инженерно-геологические исследования проведены совместно с УГ СМ Туркменской ССР под руководством ст. научного сотрудника А. Н. Вахтановой с участием инженера-гидрогеолога А. А. Бураковой, мл. научного сотрудника В. Н. Осташевой и техника-геолога В. И. Фендрикова. В проведении полевых и камеральных работ принимали участие инженер-геолог А. А. Кравченко, младшие научные сотрудники К. Гараханов и В. В. Славнов, инженеры-операторы Д. Г. Раскин и С. С. Даншин и др.

Большую помощь советами и консультациями оказали автору проф. С. В. Медведев, доктора технических наук А. З. Кац и С. В. Пучков, доктор физико-математических наук Н. В. Шебалин, кандидаты технических наук В. М. Мирзаев, Р. Д. Непесов, Д. Н. Рустанович, кандидат геолого-минералогических наук А. Н. Вахтанова и др.

Участие и помощь в работе оказана научным руководителем доктором геолого-минералогических наук, проф. В. В. Поповым.

Автор выражает глубокую благодарность всем указанным товарищам.

Во введении отмечено, что результаты исследований по изучению сейсмичности и сейсмического районирования территории республики явились основой при проведении работ по сейсмическому микрорайонированию. Как наиболее апробированные и надежные, автором использованы макросейсмический метод, инженерно-геологический подход к оценке сейсмических свойств грунтов (метод инженерно-геологических аналогий) и инструментальный метод определения приращений сейсмической интенсивности, который и был основным в работе.

В диссертации обосновывается правомерность избранной методики исследований с учетом специфики зоны малых скоростей, изучение которой по настоящее время не проводилось для решения задач сейсмического микрорайонирования рассматриваемых территорий. Первым опытом в этом направлении послужили исследования, проведенные при участии автора в 1962 г. на территории г. Ашхабада. Данные карты сейсмического микрорайонирования хорошо согласуются с материалами обследования разрушений и ощутимых проявлений ашхабадских землетрясений 5—6 октября 1948, 16 августа 1960, 18 июня 1961 и 15 ноября 1968 гг. Последнее обстоятельство, подтверждающее правильность проведения границ зон различной сейсмичности, гарантирует в некоторой степени достоверность карт сейсмического микрорайонирования территории гг. Небит-Дага, Красноводска и Челекена, где была использована подобная методика исследований.

Первая глава посвящена анализу сейсмичности Западной Туркмении. Инструментальная и неинструментальная сейсмостатистика позволяет в пределах рассматриваемой зоны выделить два участка разнонаправленных движений: воздымающаяся Кубадаг-Большебалханская мегантиклиналь и опускающаяся Прикаспийская депрессия, в зоне сочленения которых расположено большинство очагов землетрясений. При этом, по данным инструментальных наблюдений, многочисленные слабые толчки приурочены к эпицентральной областям сильных землетрясений прошлых лет.

Результаты изучения проявления землетрясения, затухания его интенсивности с расстоянием, с изменением геологических, гидрогеологических, геоморфологических и других условий местности нашли применение при определении сейсмической активности и составлении карт сейсмо- и микросейсморайонирования. Исследование характера спадания балльности с расстоянием, проведенное по методике теоретических изосейст Н. А. Введенской и И. Л. Нерсесова, показало, что для сейсмогенетических зон Западной Туркмении уменьшение интенсивности происходит гораздо быстрее с расстоянием поперек структур ($n_2 = 4,4 \pm 0,2$), чем вдоль структур ($n_1 = 3,2 \pm 0,2$).

Высокую сейсмическую активность Красноводской зоны подтверждают происшедшие здесь землетрясения с $K=14-15$ и $M=7\frac{1}{4}-8\frac{1}{2}$. По карте сейсмического районирования республики в пределах Западной Туркмении выделены зоны от 6 до 9-балльной сейсмичности.

Во второй главе дается обзор инструментальных методов сейсмического микрорайонирования. Как известно, при разработке количественной шкалы для определения силы землетрясения, сейсмические колебания выражаются в форме спектра действия нестационарных колебаний грунта на линейные маятниковые системы с различными собственными периодами и затуханиями. При решении задач инженерной сейсмологии большое применение находят сведения о значениях величин колебаний самого грунта, таких как смещения, скорости, ускорения, деформации, затухания и др.

Автором использованы способы определения приращений сейсмической интенсивности, основанные на сравнении акустической жесткости грунтов (метод проф. С. В. Медведева):

$$\Delta I = 1,67 \lg[(v_0 \rho_0) - (v_n \rho_n)] + e - 0,04 h^2, \quad (1)$$

где $v_0 \rho_0$, $v_n \rho_n$ — акустическая жесткость среднего (исходного) и сравниваемого грунтов; h_n — уровень грунтовых вод; и на сравне-

нии деформаций грунтов, вызываемых прохождением сейсмических волн (метод А. З. Каца):

$$\Delta I = \frac{\lg v_0^2 - \lg v_n^2}{\lg 2,5}, \quad (2)$$

где v_0 , v_n — скорости распространения сейсмических волн в среднем (исходном) и сравниваемом грунтах.

Дополнительное приращение, учитывающее резонансные свойства слоя, определялось по формуле С. В. Пучкова:

$$\Delta I = 3,3 \lg \frac{\delta T}{\delta_0 T_0}, \quad (3)$$

где δ_0 , δ , T_0 , T — коэффициенты затухания и преобладающие периоды сейсмических колебаний для среднего (исходного) и сравниваемого грунтов.

Сравнение приращений, полученных по формулам (1) и (2), говорит не в пользу последней (табл. 2).

Одним из критериев оценки сейсмичности была принята характеристика сейсмоустойчивости грунтов. Сущность теоретических выводов, предложенных Н. В. Орнатским и развитых А. Н. Вахтановой, основывается на предположении сдвига критической точки равновесия сыпучих масс пород в условиях крутосклонного рельефа под воздействием сейсмической силы. Использована следующая формула для определения коэффициента сейсмоустойчивости грунтов:

$$K_{cy} = \frac{\sin(\varphi - \beta)}{\cos(\varphi - \beta - \gamma)}, \quad (4)$$

где φ — угол внутреннего трения пород; β — предельный угол устойчивости откоса; γ — угол действия сейсмической силы. Для условий Западной Туркмении данные косвенного метода оценки сейсмичности по K_{cy} оказались в соответствии с результатами других исследований. Но этот способ пока не применим для связных глинистых грунтов.

Третья глава рассматривает специфику изучения малых глубин при определении приращений сейсмической интенсивности. При изучении скоростей распространения продольных и поперечных сейсмических волн в пределах ЗМС большое значение имеет знание частотных характеристик «полного сейсмического канала» малых глубин, состоящего из звеньев следующей последовательности: источник, среда и сейсмозаписывающая аппаратура.

При возбуждении колебаний ударами, функция, определяющая действие источника, является импульсной и существует только в некотором ограниченном промежутке времени t . Поэтому при использовании спектрального разложения применительно к задачам изучения малых глубин основное внимание обращается на разложение импульсов.

В реальных геологических средах интенсивность колебаний убывает по мере их распространения гораздо быстрее, чем это предсказывается теорией распространения сейсмических волн в абсолютно упругой модели. Это дополнительное ослабление вызывается поглощением и рассеянием, которые возникают в результате различного рода необратимых процессов, приводящих к частичному преобразованию энергии упругих колебаний в другие формы энергии, или при дифракции волн от многочисленных мелких неоднородных включений внутри среды. Сильное поглощение и большой диапазон изменения отношения скоростей вносят в исследование малых глубин некоторые качественные особенности и препятствуют возможности моделирования.

Основным требованием к сейсмической аппаратуре является учет различия в спектральном составе колебаний таким образом, чтобы на записи были представлены преимущественно полезные волны и максимально ослаблены всякого рода помехи. При этом частотная и фазовая характеристики должны быть связаны между собой так, чтобы комплексной частотной характеристике соответствовала абсолютно сходящаяся и гладкая временная функция, получаемая на выходе линейной системы единичного импульса. Ограниченность высокочастотных составляющих спектра является следствием не только ударного возбуждения упругих волн, она зависит опять же от свойств изучаемой среды с большими декрементами поглощения.

Глава четвертая посвящена изучению зоны малых скоростей для целей сейсмического микрорайонирования.

Изучение различных геологических структур методами сейсмической разведки (МОВ, КМПВ и др.) показало на неоднократное искажение волновой картины и времени пробега волн от глубоких горизонтов вследствие преломления луча в поверхностном слое ЗМС, где скорость распространения крайне изменчива как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Эта зона обычно имеет незначительную мощность и в большинстве случаев колеблется в пределах от 5—10 м до 20—30 м.

Методика наблюдений аналогична сейсморазведочным изысканиям по методу первых вступлений. При наблюдениях на территории населенных пунктов возбуждение упругих колебаний производилось не взрывом, а от удара свободно падающего тела.

Регистрация колебаний в пределах населенных пунктов проводилась в ночное время методом ударной сейсмоки со станцией СС—24 П (НЧ). При работах с ОСУ—1 возбуждение колебаний для регистрации поперечных сейсмических волн проводилось по системе «У—У». При работах со взрывами величина заряда не превышала 2—3 кг ВВ на одном пикете взрыва. Использовалась система встречных профилей. Длина стоянки 95 м.

Корреляция сейсмических волн производилась по первым вступлениям или по фазам. Для взаимной увязки использовались главным образом признаки равенства прихода волн, а также сравнение формы записи. По годографам первых вступлений определялись средние и граничные скорости распространения сейсмических волн и мощность пластов до преломляющего горизонта. Эти данные изучения ЗМС легли в основу при интерпретации материала и определении относительных приращений сейсмической интенсивности.

При выполнении работ по сейсмическому микрорайонированию установлена зависимость изменения значений скоростей распространения сейсмических волн от влажности, ряда физических показателей и геологических параметров исследованных грунтов. Для обоснования взаимосвязи использован метод математической статистики. Выявлена корреляционная зависимость изменения скорости с глубиной, от степени увлажнения и плотности пород, от литологического состава ЗМС и подстилающего слоя. В конечном результате эти сведения способствовали определению средних грунтовых условий и более точному выделению различных участков по величине балльности на картах сейсмического микрорайонирования.

В главе пятой описано сейсмическое микрорайонирование территории городов Западной Туркмении.

Здесь автором учтены тектонические, геоморфологические и геологические и другие особенности местности, которые как-то могли характеризовать сейсмичность или объяснить закономерности изменения сейсмического воздействия.

Небит-Даг в тектоническом отношении расположен в переходной зоне от Прибалханской депрессии к крупной антиклинальной складке Большого Балхана, осложненной флексуобразными перегибами и разрывными нарушениями. Особенно крупным является нарушение северо-западного простирания—так называемый Балханский глубинный разлом, отмеченный Ю. Н. Годиным, Г. П. Горшковым, Н. С. Бескровным, В. С. Чемодановым, Б. А. Хариковым и др. Подтверждением того, что этот разлом живет и сейчас, является резкая смена процессов активной денудации процессами современной аккумуляции в зоне «живых» разрывов и повышенной сейсмической активностью.

Изучение слабых землетрясений с помощью сети сейсмических станций, проведенное Арало-Каспийской экспедицией ГИ АН СССР в 1951—1952 гг., показало, что в районе Западной Туркмении эпицентральная область протягивается широкой полосой 30—40 км в северо-западном направлении от Казанджика через Небит-Даг до Красноводска и уходит далее в Каспийское море. Наибольшее количество землетрясений зарегистрировано в северо-западном окончании хребта Большого Балхана (севернее ст. Джебел). Здесь отмечены отдельные концентрации очагов различной глубины.

Геоморфологически территория г. Небит-Дага входит в область подгорной Южно-Балханской равнины, что определило сравнительную однородность фациально-ландшафтных условий. Гидрогеологические особенности не оказывают существенного влияния на выбор средних грунтовых условий, так как грунтовые воды почти повсеместно залегают глубже 10 м.

Вопрос о выделении средних грунтов изучался нами при рассмотрении литологического строения самой верхней части геологического разреза, соответствующего мощности ЗМС. По данным инженерно-геологического районирования, выделены комплексы пород, по-разному реагирующие на прохождение в них продольных сейсмических волн (табл. 1).

Наиболее распространенными оказываются песчано-гравийные грунты, для которых была принята средняя скорость распространения продольных сейсмических волн $V_p=550$ м/сек и плотность $\rho=1,65$ г/см³. Эти данные были исходными при расчете относительных приращений сейсмической интенсивности. На грунтах южной части города среднеарифметические значения ΔI нигде не превышали величины 0,5 балла, что не позволяло выделить участки повышенной 10—балльной сейсмичности. Грунты первого типа как по инженерно-геологическим, так и по инструментальным данным обладают наиболее благоприятными, в сейсмическом отношении, условиями, соответствующими 8—балльной сейсмичности. Значения максимальных амплитуд смещений на записях здесь почти в два раза меньше, чем на распространенных в этом районе средних грунтах.

Таким образом, на карте сейсмического микрорайонирования около 25% территории г. Небит-Дага занимают участки 8—балльной сейсмичности, остальная площадь представлена участками 9—балльной сейсмичности, а 10—балльные участки отсутствуют.

Красноводск характеризуется сложными инженерно-геологическими условиями, обусловленными особенностями тектонического, геолого-литологического и геоморфологического строения. В центре города возвышается ядро антиклинальной складки Шах-Адам,

сложенное грано-диорито-порфиристыми породами палеозойского возраста. Повышенная сейсмичность, установленная по данным сейсмостатистики, повторных нивелировок, гравиметрических и других исследований, обусловлена большой подвижностью Краснодарской зоны в тектоническом отношении. К ней приурочена основная масса очагов крупных и мелких землетрясений и Краснодарского землетрясения 1895 г., эпицентр которого, по данным автора, находился на полуострове Дарджа в зоне Краснодарско-Балханского глубинного шва. По И. А. Резанову, очаг располагается ниже земной коры. Это сильнейшее в Средней Азии землетрясение оценивается в IX—X баллов в эпицентре, а плейстосейсмическая площадь его—более 3 млн. кв. км.

Наиболее широкое развитие в Краснодарске имеют хвалынские морские породы третьего типа (табл. 1), которые представляют средние грунтовые условия. Подземные воды залегают здесь на глубине 10—15 м. На грунтах второго типа сейсмичность снижается на 1 балл. То же самое происходит и на грунтах первого типа, но по геоморфологическим условиям они исключаются из сравнительной оценки, как неблагоприятные для застройки. К худшим условиям, но с других позиций, отнесены эоловые отложения на побережьях бухт Муравьева и Соймонова, т. к. грунты, слагающие их, сильно увлажнены и имеют незначительную плотность, где сейсмический эффект может повыситься не менее чем на 1 балл.

Данные инструментальных исследований показали, что в грунтах с плотностью $1,77 \text{ г/см}^3$, принятых за средние, значение скорости распространения продольных сейсмических волн оказалось равным 550 м/сек. По этим показателям рассчитаны приращения и выделены три участка различной сейсмичности.

На карте сейсмического микрорайонирования Краснодарска наиболее благоприятные 8—балльные участки занимают приблизительно 20%, неблагоприятные 10—балльные—около 25%, а наиболее распространенные 9—балльные участки охватывают наибольшую (55%) часть городской территории.

В Краснодарском районе проведены работы еще на двух территориях, расположенных к востоку и западу от города—на Краснодарской косе и на полуострове Уфра.

Красноводская коса характеризуется развитием типично эолового, сильно пересеченного рельефа. Отложения имеют отклонение от средних, в основном, в худшую сторону, что объясняется значительной увлажненностью и небольшой плотностью пород.

По данным инструментальных наблюдений на наиболее распространенных хвалынских морских породах, представленных песчано-гравийной толщей, а также на нерасчлененных верхнечет-

вертичных пролювиально-морских и современных отложениях, образованных слоями дресвы, песка и глины и имеющих среднюю плотность $1,79 \text{ г/см}^3$, значение скорости распространения продольных сейсмических волн оказалось равным 700 м/сек. Как по инструментальным, так и по инженерно-геологическим данным здесь вовсе отсутствуют 8—балльные участки. Около 1/3 всей площади косы занимают 10—балльные участки (все побережье, представленное рыхлыми новокаспийскими отложениями с близким залеганием грунтовых вод), а остальная территория—отнесена к исходной 9—балльной сейсмичности.

Полуостров Уфра располагается в основном на ядре антиклинальной складки хребта Кара-Даг, сложенного изверженными магматическими породами юрского и мелового возраста. Возвышенность, вследствие сильно расчлененной поверхности, исключается из застройки и более дробному районированию не подвергалась, хотя по плотности (от $2,50$ до $2,81 \text{ г/см}^3$), прочности (предел прочности на сжатие от 2390 до 2620 кг/см^2) и высоким значением скоростей (800 — 1400 м/сек) ее можно отнести к надежным условиям.

К благоприятным грунтам отнесены пролювиально-делювиальные отложения раннечетвертичного возраста, представленные толщей чередующихся слоев глины, суглинка, супеси, песка и плохо окатанных обломков щебня и дресвы. Все вскрытые разности отличаются сухостью и значительной плотностью пород (до $1,93 \text{ г/см}^3$). Значение скорости распространения продольных сейсмических волн колеблется от 900 до 1100 м/сек. К средним условиям были отнесены морские отложения верхнечетвертичного возраста (mQ_3^{lv}), представленные оолитовым песком с прослоями песчаника, с хорошо окатанными и отсортированными гравийными и песчаными частицами. Плотность $1,79 \text{ г/см}^3$, скорость $v_p = 800$ м/сек. Следующий участок представлен иловато-песчаными морскими осадками новокаспийского и современного возрастов с плотностью $1,51 \text{ г/см}^3$. Грунтовые воды здесь почти повсеместно выходят на дневную поверхность или залегают на незначительной глубине. Эти характеристики заставили отнести данный район к участкам, исключаемым из застройки.

Таким образом, на карте сейсмического микрорайонирования 20% территории полуострова Уфра занимают 8—балльные, 45%—9—балльные и 35%—10—балльные участки.

Челекен расположен в западной части одноименного полуострова на пологой равнине и в тектоническом отношении представляет небольшой участок антиклинального поднятия. По геологическому облику Челекенская складка представляет собой один из наиболее сложных элементов, созданных валахской орогенной фазой.

По данным автора, Красноводское землетрясение 1895 г. произошло здесь силой не менее 9 баллов.

Широкое развитие получили осадки новокаспийского яруса, представленные толщей морских и континентальных эоловых, часто чередующихся отложений песка, супеси, суглинка и глины. Эти породы приняты за средние грунтовые условия для территории, охваченной инструментальными наблюдениями, где наиболее распространенным оказалось значение скорости $v_p = 460$ м/сек в грунтах с $\rho = 1,79$ г/см³.

На карте сейсмического микрорайонирования 40% всей территории занимают участки 9-балльной сейсмичности. К 10-балльным отнесены грунты со значениями приращений +0,5 балла и выше. Отрицательные значения $\Delta I \geq -1,0$ балла на рыхлых, сильно увлажненных грунтах, полученных по данным v_p , не позволили выделить 8-балльную зону в силу повышенной сейсмоопасности этих участков по гидрогеологическим данным. Поэтому здесь проведено изучение скоростей распространения поперечных сейсмических волн. Расчет приращений по v_s позволил определить более правдоподобные, близкие к истинным, значения ΔI и уточнить первоначальные данные, полученные по скоростям распространения продольных сейсмических волн, где прибрежная полоса была условно отнесена к 10-балльной сейсмичности.

Таким образом, сейсмическое микрорайонирование городов Западной Туркмении показало, что на территории Небит-Дага имеются участки 8 и 9, на территории Красноводска—8, 9 и 10, а на Челекене только 9 и 10-балльной сейсмичности.

Глава шестая описывает региональную шкалу приращений сейсмической интенсивности для условий Западной Туркмении.

Сейсмические параметры грунтов—скорости распространения продольных и поперечных сейсмических волн для изучаемой территории определены автором в соответствии и в зависимости от физических свойств, литологического состава, мощности пластов и степени их обводненности. Качественные показатели, как литология, возраст и др., а также количественные показатели, как приращение сейсмической интенсивности, в том числе максимальные амплитуды смещений, акустическая жесткость, преобладающий период и затухание сейсмических колебаний могут характеризовать степень сейсмической опасности изучаемых грунтов.

Обобщение результатов всего комплекса инженерно-геологических и инструментальных исследований дано в сводной табл. 1. Сравнение данных о приращениях сейсмической интенсивности (табл. 2) показывает, какому из методов исследований дается предпочтение в каждом конкретном случае.

Таблица 1

Основные параметры физических и сейсмических свойств пород ЗМС для различных литолого-генетических комплексов грунтов Западной Туркмении

Литолого-генетический комплекс пород	Геолог. возраст	φ , град.	h , м	v_p , м/сек	v_s , м/сек	ρ , кг/м ³	ρv_p , кг/м ² сек	T , сек	δ , сек-1
I. По территории г. Небит-Дага									
1. Морские хорошо окатанные отсортированные гравийно-галечниковые отложения	mQ ₃ hv	>40	>15	900	—	1930	17,37	0,137	0,41
2. Переслаивающаяся толща морских гравийно-песчаных и пролювиальных песчано-глинистых осадков	p1 + mQ ₃₋₄ ^{hv-k}	27—34	10	550	—	1650	9,08	0,218	0,32
II. По территории г. Красноводска									
1. Изверженные породы грано-диоритопорфиритового ряда, сильно трещиноватые	P _z	—	>40	>2000	—	2650	53,00	0,06	0,61
2. Пролувиальные грубообломочные отложения щебня и дресвы, переслаивающиеся с песком и глиной	p1Q ₁₋₂	—	>10	900	—	1920	17,28	0,137	0,41
3. Морские песчано-глинистые и гравийно-галечниковые отложения	mQ ₃ hv	24—37	10	550	—	1770	9,74	0,218	0,32
4. Морские иловато-песчаные отложения с прослоями глин и суглинков, обводненные.	mQ ₄ hv	19	0—3	1300	—	1510	19,63	0,092	0,46
III. По территории г. Челекена									
1. Морские глины с прослоями песков, алевролитов и вулканического пепла	mN ₂ ap	—	10	460	280	1790	8,23	0,251	0,29
2. Морские и эоловые отложения, представленные переслаивающимися песчано-глинистыми осадками	m + colQ ₁ ^{nk}	24—35	3—5	400	230	1790	7,16	0,3	0,27
3. Морские иловато-песчаные отложения с прослоями глин и суглинков, обводненные	mQ ₄ nk	20	0—3	1300	200	1790	23,27	0,092	0,46

Сравнение данных о приращениях сейсмической интенсивности, полученных разными методами на грунтах территорий городов Западной Туркмении

Литолого-генетический комплекс пород (см. табл. 1)	По инженерно-геологическим данным	По коэффициенту К су	По h_b (вод.)	По инструментальным данным				$\Sigma \Delta I$	Принятая балльность участка	
				по данным V_p		по данным V_s				по δT
				ρV_p	деф.	ρV_s	деф.			
I. По территории г. Небит-Дага										
1	-0,5 ÷ -1,0	-0,5 ÷ -1,0	0,0	-0,47	-1,08	-	-	-0,31	-1,0	8
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	0,00	0,0	9
II. По территории г. Красноводска										
1	-1,0 ÷ -2,0	-	0,0	-1,23	-2,82	-	-	-0,92	-1,0 ÷ -2,0	7 ÷ 8
2	-0,5	-0,5	0,0	-0,42	-1,08	-	-	-0,31	-1,0	8
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	0,00	0,0	9
4	0,5 ÷ 1,0	0,5	1,0	-0,51	-1,88	-	-	-0,72	1,0	10
III. По территории г. Челекена										
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9
2	0,5 ÷ 1,0	0,5	0,5	0,1	0,31	0,14	0,43	0,097	0,5	9 ÷ 10
3	1,0	0,5 ÷ 1,0	1,0	-0,75	-2,27	0,24	0,79	-0,83	1,0	10

ПРИМЕЧАНИЕ: Значения приращений сейсмической интенсивности даны в баллах.

Региональная шкала приращений сейсмической интенсивности для грунтов Западной Туркмении (на примере городов Небит-Дага, Красноводска и Челекена)

Категория грунтов	Исход. интенв., б			ΔI	Для 9-балльной зоны
	7	8	9		
I. Наилучшие условия					
1. Скальные породы с $R_{сж} > 100$ кг/см ²	5 ÷ 6	6 ÷ 7	7 ÷ 8	-1 ÷ -2	7 ÷ 8
II. Лучшие условия					
1. Отсортированные гравийно-галечниковые грунты с $R'' = 3-6$ кг/см ² и глубин. до воды $h_b > 5$ м	6	7	8	-1	8
2. Гравийно-галечниковые грунты с небольшим содержанием песчано-глинистого заполнителя с $k'' > 3$ кг/см ² и $h_b > 10$ м					
III. Средние условия.					
1. Гравийно-галечниковые грунты со средним содержанием песчано-глинистого заполнителя с $k'' < 3$ кг/см ² ; $h_b = 3-5$ м					
2. Плотные глины, суглинки твердой консистенции ($B < 0$)	7	8	9	0	9
3. Пески мелкозернистые с $R'' = 2-3$ кг/см ² и $h_b > 10$ м					
IV. Худшие условия					
1. Глины, суглинки пластической консистенции ($B = 0-1$).					
2. Пески мелкозернистые и пылеватые с $\Delta = 1,3-1,5$ г/см ³ , $R'' = 1-2$ кг/см ² , $h_b < 3-5$ м	8	9	10	1	10
V. Наихудшие условия (участки, исключаемые из застройки)					
1. Прибрежные пески («штормовая зона») с $h_b = 1-1,5$ м					
2. Крутые склоны гор и оврагов ($> 30^\circ$) с осыпями и обвалами	8 ÷ 9	9 ÷ 10	10 ÷ 11	1 ÷ 2	10 ÷ 11
3. Барханные пески (мелкозернистые и пылеватые)					
4. Глины, суглинки текучей консистенции ($B > 1$)					

Обычно до проведения микрорайонирования уточнение сейсмичности участков проводится по специальным таблицам и шкалам, учитывающим некоторые микрогеологические особенности местности. Так, С. В. Медведев предлагает схему изменения интенсивности землетрясения на основании инженерно-геологических и гидрогеологических данных. Однако условия каждого конкретного района настолько разнообразны, что непременно выявляются различные отклонения от указанной выше обобщенной схемы.

Автором составлена подобная региональная шкала для условий Западной Туркмении (табл. 3). Здесь использованы табличные данные нормативного давления (R''), объемного веса (Δ), показателя консистенции (B), предела прочности пород при сжатии ($R_{сж}$) а также глубина до кровли верхнего водоносного горизонта (h).

Составленная шкала позволяет ориентировочно оценить сейсмичность участков, отведенных под строительство, до проведения инструментального сейсмического микрорайонирования.

Заключение обобщает изучение сейсмических характеристик грунтов и составление, на основе этого, карт сейсмического микрорайонирования. Сделаны следующие выводы.

1. Красноводская зона относится к области высокой сейсмической активности, о чем свидетельствуют происшедшие здесь 7, 8 и 9-балльные землетрясения с $K=14-15$; $M=7\frac{1}{4}-8\frac{1}{2}$; $A_{10}=0,12$ и т. д. Известно около 120 землетрясений различной интенсивности, ощущавшихся на территории Западной Туркмении за период с 1876 по 1967 гг. Сведения о 20 ранее не известных землетрясениях были впервые представлены автором.

2. На территории Западной Туркмении по карте сейсморайонирования имеются зоны 9, 8, 7 и 6-балльной сейсмичности, причем, гг. Небит-Даг, Красноводск и Челекен расположены в 9-балльной зоне.

3. Статистически определенные корреляционные зависимости изменения скоростей распространения сейсмических волн от мощности (глубины) ЗМС, плотности и состояния естественной влажности грунтов способствовали установлению средних грунтовых условий изучавшихся районов.

4. Выявляется корреляционная зависимость изменения Δ от плотности пород территории г. Небит-Дага.

5. Удалось установить, что для грунтов территории Небит-Дага максимальные значения амплитуд смещений на записях оказались тем большими, чем менее благоприятными в сейсмическом отношении были грунтовые условия.

6. Впервые для Западной Туркмении определены и представлены в виде карт значения относительных приращений сейсмической интенсивности по акустическим жесткостям (с учетом резонансных свойств) и деформациям, а также по коэффициентам сейсмоустойчивости грунтов. Они составили основу сейсмического микрорайонирования, согласно которой на территории Небит-Дага выделены 8 и 9-балльные, на территории Красноводска (включая Красноводскую косу и полуостров Уфра) — 8, 9 и 10-балльные, а на Челекене — 9 и 10 — балльные участки грунтов.

7. Изучение скоростей распространения поперечных сейсмических волн позволило определить приращения сейсмической интенсивности для обводненных грунтов с близким залеганием подземных вод, где использование скоростей продольных волн давало искаженную картину.

8. На основе анализа результатов комплекса инструментальных и неинструментальных методов исследований составлена классификация грунтов Западной Туркмении по их сейсмическим свойствам, которая, по мнению автора, должна найти применение в практике, так как ее данные способствуют решению задач сейсмического микрорайонирования.

9. Впервые составлена региональная шкала приращений сейсмической интенсивности для грунтов Западной Туркмении, по которой в первом приближении можно устанавливать балльность.

10. Результаты исследований — карты сейсмического микрорайонирования — находят практическое применение при строительстве и проектировании новых промышленных объектов и жилых массивов на территории городов Небит-Дага, Красноводска и Челекена.

Основные результаты диссертационной работы докладывались:

1. На I Всесоюзном семинаре по сейсмическому микрорайонированию Совета по сейсмологии АН СССР в г. Москве — апрель 1966 г.

2. На совещании НТО «Оргтехстроя» Туркм. ССР в г. Ашхабаде — ноябрь 1966 г.

3. На расширенном совещании отдела сейсмологии совместно с лабораторией комплексной геологической интерпретации геофизических данных Института физики Земли и атмосферы АН Туркменской ССР в г. Ашхабаде — сентябрь 1967 г.

4. На заседании секции «Сейсмостойкости сооружений» Института сейсмостойкого строительства Госстроя Туркм. ССР в г. Ашхабаде — октябрь 1967 г.

5. На заседании ученого Совета Института сейсмологии АН Уз. ССР в г. Ташкенте—ноябрь 1967 г.

6. На II Всесоюзном семинаре по сейсмическому микрорайонированию Совета по сейсмологии АН СССР в г. Москве—апрель 1968 г.

Основные положения диссертации отражены в пяти научных отчетах автора по сейсмическому микрорайонированию территории гг. Ашхабада, Небит-Дага, Красноводска, Челекена и Гяурской долины, а также в следующих статьях.

Опубликованные работы по теме диссертации

1. Опыт изучения зоны малых скоростей для целей сейсмического микрорайонирования (совместно с Непесовым Р. Д.). Изв. АН Туркм. ССР, сер. ФТХиГН, № 5, 1963.

2. Комплексное микрорайонирование территории г. Ашхабада (совместно с Гарагазовым Дж. и Непесовым Р. Д.). Сб. «Вопросы региональной сейсмичности Средней Азии». Изд. АН Кирг. ССР, Фрунзе, 1964.

3. Сейсмические свойства грунтов территории Небит-Дага по данным изучения скоростей распространения продольных сейсмических волн. Тезисы докладов I Всесоюзного семинара по сейсмическому микрорайонированию. Совет по сейсмологии АН СССР, Москва, 1966.

4. Новые макросейсмические данные о землетрясениях Западной Туркмении за 1895—1907 гг. Изв. АН Туркм. ССР, сер. ФТХиГН, №3, 1966.

5. Сейсмическое микрорайонирование территории Небит-Дага (совместно с Вахтановой А. Н.). Изв. АН Туркм. ССР, сер. ФТХиГН, № 1, 1967.

6. Сейсмическое микрорайонирование территории Красноводска (совместно с Вахтановой А. Н. и Осташевой В. Н.). Изв. АН Туркм. ССР, сер. ФТХиГН, № 6, 1967.

7. Сейсмические характеристики грунтов Гяурской долины (совместно с Каллаур Т. Н. и др.), Изв. АН Туркм. ССР, сер. ФТХиГН, № 4, 1969.

Работы по теме диссертации, сданные в печать

1. Сейсмические характеристики грунтов и их классификация по динамическим свойствам (совместно с Поповым В. В. и др.).

2. Особенности распространения продольных сейсмических волн на грунтах Челекена.

3. О сейсмическом микрорайонировании городов Туркмении (совместно с Вахтановой А. Н. и Непесовым Р. Д.).

4. Сейсмическое микрорайонирование территории Челекена (совместно с Вахтановой А. Н. и др.).

5. Схемы сейсмического микрорайонирования некоторых городов Туркмении.

6. Оценка приращений сейсмической интенсивности с учетом затухания колебаний слоя (на примере некоторых грунтов Западной Туркмении).

Эмиль Махтумович ЭСЕНОВ
**ИЗУЧЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЙСМИЧЕСКОГО
МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ**

(на примере городов Западной Туркмении)

(051 — геофизика)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

* *