ПНИИИС Госстроя СССР

Руководство

по изучению сейсмических свойств лессовых грунтов при инженерных изысканиях для строительства в сейсмических районах

Москва 1984

Производственный и научно-исследовательский
институт по инженерным изысканиям
в строительстве (ПНИИИС)
Госстроя СССР

Руководство

по изучению сейсмических свойств лессовых грунтов при инженерных изысканиях для строительства в сейсмических районах

Москва Стройиздат 1984

УДК 624.131.23:550.34

Рекомендовано к изданию решением секции геофизики и инженерной сейсмологии научно-технического совета ПНИИИС.

Руководство по изучению сейсмических свойств лессовых грунтов при инженерных изысканиях для строительства в сейсмических районах /ПНИИИС. — М.: Стройиздат, 1984. — 12 с.

Содержит основные сведения по общей направленности и последовательности инженерных изысканий на лессовых территориях для решения задач инженерной геологии и сейсмического микрорайонирования.

Для инженерно-технических работников проектно-изыскательских организаций.

Табл. 4.

3202000000 — 721
Р ———————— Инструкт.-нормат., — II вып.—73—83
047 (01) — 84

© Стройиздат, 1984

ПРЕДИСЛОВИЕ

Работы по изучению сейсмических свойств грунтов являются необходимым звеном инженерных изысканий для: инженерно-геологического картирования, исследования инженерно-геологических свойств грунтов; сейсмического микрорайонирования.

Лессовые грунты очень широко распространены в сейсмоопасных районах СССР и на них ведется интенсивное строительство. Лессовые грунты представляют собой одну из наиболее сложных грунтовых сред и изучение сейсмических свойств этих грунтов обладает рядом особенностей, не нашедших отражения в существующих методических документах. Для лессовых грунтов характерно увеличение их влажности и подтопление после застройки территорий, что вызывает изменение инженерно-геологических и сейсмических свойств грунтов. При строительстве на лессовых основаниях широко используется предпостроечное замачивание для устранения просадочных свойств. Это также вызывает изменение инженерно-геологических и сейсмических свойств грунтов.

В связи с изменением сейсмических свойств лессовых грунтов на застроенных территориях карта сейсмического микрорайонирования с течением времени может подвергаться значительным изменениям. Поэтому при сейсмическом микрорайонировании имеет большое значение прогноз изменения сейсмических свойств лессовых грунтов.

Настоящее руководство по изучению сейсмических свойств лессовых грунтов предназначено для изыскательских, научно-исследовательских и проектных организаций Госстроя СССР, проводящих работы по сейсмическому микрорайонированию в областях развития лессовых грунтов.

В Руководстве описываются сейсморазведочный, ультразвуковой и сейсмологический методы изучения сейсмических свойств грунтов, как основные методы, рекомендуемые изыскательским организациям. В Руководстве не описываются методы макросейсмический, микросейсмический и расчетный, редко применяющейся в практике инженерных изысканий.

Руководство разработано ПНИИИС Госстроя СССР (д-р геол.-минерал. наук Н.И. Кригер, канд.геол.-минерал. наук А.Д. Кожевников, при участии канд. физ.-мат. наук А.С. Алешина).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство предназначено для организаций, проводящих сейсмическое микрорайонирование при изысканиях на объектах промышленного сельскохозяйственного и жилищного строительства на лессовых грунтах.

Руководство не распространяется:

на районы развития вечной мерзлоты:

на участки проектируемого или существующего энергетического и гидротехнического строительства.

1.2. Под сейсмическим микрорайонированием понимается:

определение приращения сейсмической интенсивности и спектральных характеристик землетрясений в зависимости от инженерно-геологических, гидрогеологических и геоморфологических условий на площадках проектируемых зданий и сооружений;

прогноз приращения сейсмической интенсивности и спектральных характеристик землетрясений при застройке территории и эксплуатации зданий и сооружений.

Сейсмическая интенсивность выражается в баллах шкалы MSK -64.

1.3. Исходный (фоновый) балл сейсмической интенсивности определяется по карте сейсмического районирования территории СССР (прил. 2 к СНиП II-7-81) или по карте детального сейсмического районирования, если она имеется для территории, на которой расположен участок сейсмического микрорайонирования.

1.4. Исходный (фоновый) балл сейсмической интенсивности в СНиП II-7-81 отнесен к средним грунтовым условиям.

Лессовые грунты характеризуют средние грунтовые условия в случае, если имеют мощность более 8 м и обладают средним значением весовой влажности до 10% при положении уровня грунтовых вод на глубине более 8 м.

1.5. Сейсмические свойства лессовых грунтов при инженерных изысканиях рекомендуется характеризовать следующими основными параметрами:

упругие свойства - скоростями волн (м/с) продольных v_p и поперечных v_s, а при отсутствии данных о v_s скоростями поверхностных волн Релея v_R;

поглощающие свойства - коэффициентами (или декрементами) поглощения продольных α_p (или θ_p) и поперечных α_s (или θ_s) волн;

инженерно-сейсмологические свойства - приращением сейсмической интенсивности (ΔJ) и сейсмической просадкой S сейсм.

1.6. Величины скоростей упругих волн и коэффициенты их поглощения рекомендуется определять по данным сейсморазведочных и ультразвуковых наблюдений. В образцах грунта эти параметры определяются ультразвуковым методом. Аппаратура и методика таких исследований приводится в разд. 4 настоящего Руководства.

1.7. Инженерно-геологические и сейсмические свойства лессовых грунтов находятся в зависимости от их влажности. Весовую влажность W выражают в % или долях единицы. По значениям влажности лессовые породы делятся на сухие ($W < 10\%$), маловлажные ($10\% < W < 18\%$), влажные ($18\% < W < 25\%$) и водонасыщенные ($W > 25\%$).

1.8. Сейсмической просадкой называется дополнительное уплотнение замоченного грунта под воздействием сейсмических колебаний. Сейсмическая просадка может проявляться в результате землетрясений, взрывов или динамических нагрузок от механизмов и сооружений.

1.9. Величина сейсмической просадки лессовых грунтов зависит от пористости, влажности, структуры грунта, прочности структурных связей и интенсивности сейсмического воздействия и определяется по осадке штампа или наблюдательных марок при димамических воздействиях.

1.10. Приращение сейсмической интенсивности (ΔJ в баллах) и спектральные характеристики лессовых грунтов определяются на основе сейсмологических наблюдений за землетрясениями и взрывами, сейсморазведочных наблюдений, наблюдений за микросейсмами, расчетных способов сейсмического микрорайонирования.

Кроме того, ΔI может быть определено с помощью микросейсмического обследования территории.

2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

2.1. При инженерных изысканиях для обоснования различных стадий проектирования строительства зданий и сооружений на лессовом основании сейсморазведочные и ультразвуковые наблюдения являются одним из методов решения инженерно-геологических задач. С их помощью производится:

выделение инженерно-геологических и гидрогеологических границ в плане и разрезе;

оценка инженерно-геологических свойств грунтов.

2.2. Выделение инженерно-геологических и гидрогеологических границ в плане и разрезе производится с использованием продольных и поперечных волн, с увязкой инженерно-геологических и скоростных характеристик грунтов исследуемого района. Общие методы решения этого круга вопросов содержатся в "Инструкции по применению сейсморазведки в инженерных изысканиях для строительства" (РСН 45-77).

2.3. Оценка инженерно-геологических свойств лессовых грунтов с помощью сейсморазведочных и ультразвуковых методов исследований производится по корреляционным зависимостям этих свойств от скоростей объемных волн (V_p и V_s). При отсутствии данных о V_s оценка может проводиться по V_R.

Ориентировочное значение модуля общей деформации $E_{деф}$ может быть найдено по зависимости

$$E_{деф} = [0{,}05\ E_{дин} + 70]\ \text{кгс/см}^2, \qquad (1)$$

где $E_{дин}$ - динамический модуль Юнга

$$E_{дин} = \rho V_p^2 \frac{(1+\sigma)(1-2\sigma)}{1-\sigma},$$

где σ - коэффициент Пуассона;

ρ - объемная масса скелета грунта, г/см^3.

Ориентировочное значение сцепления C может быть определено по формуле

$$C = [5 \cdot 10^{-4} M - 0{,}08]\ \text{кгс/см}^2. \qquad (2)$$

В зависимости (2) $M = \rho V_s^2$ - динамический модуль сдвига, где ρ - объемная масса грунта, г/см^3.

2.4. В результате замачивания лессовых грунтов при устранении их просадочных свойств, при утечках воды из подземных коммуникаций, при самоподтоплении на застроенных площадках или при подпоре грунтовых вод происходит изменение инженерно-геологических и сейсмических свойств этих грунтов. Для оценки изменения свойств лессовых грунтов рекомендуется проведение сейсморазведочных и ультразвуковых наблюдений.

2.5. Для прогнозирования изменений сейсмических характеристик на участках замачивания можно воспользоваться средними величинами сейсмических параметров, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика лессовых пород	V_p, м/с	V_s, м/с
Лессовые грунты зоны аэрации с природной весовой влажностью $W \leq 10\%$	400-900	200-400
Лессовые грунты зоны аэрации с $W > 10\%$	300-600	150-200
Лессовые грунты замоченные с образовавшейся влажностью $W < 22\%$ и степенью влажности $G < 0{,}9$	300-400	150-200
Лессовые грунты ниже уровня грунтовых вод или замоченные с образовавшейся влажностью $W > 22\%$ и степенью влажности $G \approx 1$	1500-1800	200-250

2.6. При замачивании просадочных лессовых грунтов последние приобретают способность к сейсмической просадке и образованию остаточных деформаций при динамических нагрузках (пп. 1.8 и 1.9).

2.7. Способность замоченных лессовых грунтов к сейсмической просадке с течением времени (от нескольких месяцев до нескольких лет) уменьшается и исчезает. После осуществления сейсмической просадки в результате достаточно сильных динамических воздействий (землетрясения, взрывы) способность грунтов к сейсмическим просадкам не восстанавливается.

2.8. Если до замачивания грунт имел влажность не более 10-15%, то за пределами замоченной площадки в периферийной зоне (шириной 30-50 м) при сейсмических толчках могут возникать сейсмические просадки и остаточные деформации в грунтах.

2.9. После проведения предпостроечного замачивания влажность лессовых грунтов на замоченной площадке и в соседстве с ней является повышенной. Связанное с этим увеличение приращения сейсмической интенсивности может быть прогнозировано по табл. 2.

2.10. Способность замоченного лессового грунта к сейсмической просадке может быть устранена проведением достаточно сильных взрывов, уплотняющих грунт.

Таблица 2

Характеристика лессового грунта	Уточненная интенсивность, балл, в зависимости от сейсмичности района				$I_{ост}$, балл,
	6	7	8	9	
Каменный (прочно цементированный) лесс мощностью более 8 м	5	6	7	8	9
Лессовые грунты с влажностью $W < 10\%$, $h_{угв} > 8$ м при обеспечении устранения замачивания	6	7	8	9	8
Лессовые грунты с влажностью $10\% < W < 20\%$, $h_{угв} > 8$ м	7	8	9	Более 9	7
Лессовые грунты с $W > 20\%$	8	9	Более 9	Более 9	6
Лессовые грунты, искусственно замоченные для устранения просадочных свойств и позже не замачивающиеся:					
$T < 3$ лет	8	9	Более 9	Более 9	6
3 лет $< T < 10$ лет	7	8	9	Более 9	7
$T > 10$ лет	6	7	8	9	8

Примечание. $h_{угв}$ - глубина уровня грунтовых вод, м;

$I_{ост}$ - интенсивность, при которой в лессовых грунтах появляются трещины шириной более 1 см и другие остаточные деформации, балл;

T - время, прошедшее с момента окончания замачивания, год.

3. ЗАДАЧИ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

3.1. Задачами инженерных изысканий для сейсмического микрорайонирования на лессовых грунтах являются:

определение ΔJ;

получение спектральных характеристик;

прогноз инженерно-сейсмологических характеристик (приращения балла, спектральных характеристик, сейсмической просадки) при изменении инже-

нерно-геологических условий в процессе строительства и эксплуатации сооружений;

оценка возможности возникновения неблагоприятных геодинамических процессов при землетрясениях (сейсмические сели, оплывины, обвалы и т.д.).

3.2. Своеобразие инженерно-геологической обстановки на лессовых грунтах состоит в:

зависимости инженерно-геологических и сейсмических свойств лессовых грунтов от влажности;

самопроизвольном изменении влажности лессовых грунтов на застроенных площадках и подтоплении этих площадок;

предрасположенности лессовых грунтов к образованию сейсмических просадок;

развитии на склонах при сейсмических толчках оплывин, селей и других геодинамических явлений;

образовании в лессовых грунтах псевдокарстовых пустот, своды которых неустойчивы, особенно - при сейсмических толчках.

3.3. Изменение влажности лессовых грунтов на застроенных площадках может происходить в результате:

эпизодической инфильтрации воды в связи с утечками из водонесущих коммуникаций, потерями производственных и хозяйственных вод на поверхности земли, авариями различных водовместилищ;

конденсации парообразования воды в порах грунта после застройки территорий;

предпостроечного замачивания грунтов для устранения его просадочных свойств;

нарушения поверхностного стока при планировке территории.

3.4. Изменения влажности лессовых грунтов, связанные с причинами, указанными в п. 3.3, происходят различно в зависимости от геологического строения участка:

при наличии водоупора или наличии водоносного горизонта в нижней части лессовой толщи степень влажности грунтов с течением времени поднимается до 1. В этом случае уровень грунтовых вод (УГВ) поднимается и образует подземный "купол", высота которого над водоупором (или первоначальным УГВ) может измеряться несколькими десятками метров, так что фундаменты сооружений и зданий могут быть подтоплены;

при залегании водопроницаемых грунтов (галечников, песков) в основании лессовых грунтов степень влажности последних с течением времени поднимается до 0,7. По мере увеличения влажности грунтов происходит статическая просадка, уменьшение значений скоростей упругих волн, создается предрасположенность грунтов к сейсмическим просадкам и возрастает приращение сейсмической интенсивности.

3.5. Уровень искусственно созданного водоносного горизонта в лессовых грунтах длительное время не является преломляющей границей для продольных волн и не выявляется по данным сейсморазведки. Его выявление методами сейсморазведки возможно по прошествии времени, достаточного для полного вытеснения и растворения порового воздуха (когда степень влажности грунта $G = 1$).

3.6. При сейсмическом микрорайонировании рекомендуется давать прогноз изменения сейсмического балла с учетом изменения влажности, гидрогеологических условий и сейсмических свойств лессовых грунтов.

3.7. Для определения приращения сейсмического балла (ΔJ) на лессовых грунтах применяются способы инструментальных наблюдений, указанные в "Рекомендациях по сейсмическому микрорайонированию" (М., Наука, 1973) для всех видов грунтов.

В случае применения сейсморазведки (метод сейсмических жесткостей) используется формула

$$\Delta J = 1{,}67 \lg \frac{V_0 \rho_0}{V_i \rho_i}, \qquad (3)$$

где $V_0\rho_0$ - средняя сейсмическая жесткость грунта на эталонном участке,

$V_i\rho_i$ - то же, на изучаемом участке.

Эта формула дает удовлетворительные результаты при $W < 10\%$ и глубине уровня грунтовых вод $h_{угв} \geq 8$ м.

Применение формул по сейсмическому микрорайонированию в пп. 5.3(2) и 5.5 для лессовых грунтов дает неудовлетворительные результаты и не может быть рекомендовано.

3.8. Расчет ΔJ на лессовых грунтах предпочтительно проводить на основе данных сейсмологической регистрации.

3.9. При отсутствии инструментальных наблюдений ориентировочное значение ΔJ может быть определено на основе инженерно-геологических данных, приведенных в табл. 2. Уточнение балла по этой таблице допустимо производить:

для различных сооружений и зданий на стадии выбора строительной площадки;

для поселков с населением не более 10 000 человек для сооружений и зданий III и IУ классов на стадии технического проекта.

3.10. При расчете спектральных характеристик необходимо учитывать следующие особенности лессовых грунтов:

при мощности лессовых грунтов свыше 100 м в значительной мере поглощается высокочастотная часть сейсмических колебаний;

при мощности лессовых грунтов от 10 до 100 м возможны резонансные явления. В этом отношении особенно неблагоприятным следует считать случай, когда лессовая толща подстилается высокоскоростными скальными породами.

3.11. При высокой влажности ($W > 20\%$) в лессовых грунтах возможно образование сейсмодеформаций при интенсивностях ≥ 6 баллов (см. табл. 2).

3.12. Образование оплывин лессовых грунтов на склонах при сейсмических толчках делается вероятным при наличии:

крутизны склонов преимущественно более $30\text{-}35^{\circ}$;

неглубоко залегающих под лессовыми грунтами скальных пород или глин, являющихся водоупором;

форм рельефа, способствующих сбору поверхностных вод и инфильтрации их в грунт;

нор животных, просадочных трещин и других нарушений почвенного покрова;

выходов подземных вод;

нарушений рельефа и гидрогеологического режима территории человеком, в результате перегрузки склона отвалами пород или строениями, устройства нагорных канав, арыков и каналов без надежной гидроизоляции и т.д.

Участки возможных оплывинных сейсмодеформаций грунтов рекомендуется указывать на прогнозной карте сейсмического микрорайонирования.

4. МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ИЗУЧЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

Сейсморазведочные методы

4.1. В качестве регистрирующей аппаратуры целесообразно применять многоканальные сейсморазведочные станции с осциллографической или магнитной записью в широком диапазоне частот (от первых десятков до 500-1000 Гц). Из серийно выпускаемой аппаратуры можно использовать сейсморазведочные станции типа ПОИСК-1-6/12-АСМ-ОВ, ПОИСК-1-24-МОВ-ОВ, СМП-24 и др. При наличии сложного рельефа рекомендуется применять одноканальные и двухканальные установки. В комплекте с сейсморазведочными станциями используются серийные сейсмоприемники типа СВ и СГ.

Для получения характеристик поглощения используются как упомянутые многоканальные сейсморазведочные станции, так и упрощенные варианты сейсмической аппаратуры с каналом без промежуточного усилителя. В этом случае в качестве регистрирующего устройства используются многоканальные шлейфовые осциллографы типа ОС-9, Н-700, Н-041 и др. и сейсмографы типа ВЭГИК, С-5-С и др.

4.2. Сейсмические колебания возбуждаются ударами или взрывами. Основным способом возбуждения колебаний является ударный. Ударные воздействия на грунт осуществляются с помощью молота, переносного копра или передвижного пункта удара, смонтированного на прицепе, шасси автомашин или трактора. Вертикально направленные удары производятся молотами различной массы по вкопанным в грунт подставкам или путем свободного сбрасывания груза с некоторой высоты. Горизонтально направленные удары производятся

молотом через подставку по вертикальной стенке специально отрытой закопушки или по устройству типа "бороны" или приспособлением, работающим по принципу маятника. Взрывы детонаторов, малого количества взрывчатых веществ или же электрический разряд в жидкости рекомендуется проводить при исследовании обводненных лессовых грунтов.

4.3. Сейсморазведочные работы должны обеспечивать регистрацию волн различных типов (продольных, поперечных и поверхностных) с целью надежного определения сейсмических характеристик лессовых грунтов в плане и разрезе.

4.4. Для определения сейсмических характеристик лессовых грунтов рекомендуется применение следующих видов исследований: наблюдения с поверхности, вертикальное сейсмическое профилирование (или сейсмокаротаж), сейсмическое просвечивание.

4.5. При исследовании лессовых грунтов с поверхности основным методом сейсморазведки является корреляционный метод преломленных волн (КМПВ). Реже применяется метод первых вступлений (МПВ) и метод отраженных волн (МОВ).

4.6. Наблюдения с поверхности проводятся в модификации непрерывного сейсмического профилирования, одиночных сейсмозондирований или их комбинаций. Во всех этих случаях наблюдения рекомендуется проводить с получением систем встречных и нагоняющих годографов.

4.7. При наблюдении с поверхности для уверенного распознавания на сейсмограммах продольных (P) и поперечных (S) волн рекомендуется проводить наблюдение по схемам ZZ и $УУ$.

4.8. Шаг (расстояние) между сейсмоприемниками (ΔX) выбирается равномерным через интервал 1-2 м (реже 3-5 м).

4.9. Вертикальное сейсмическое профилирование (или сейсмокаротаж) и сейсмическое просвечивание могут производиться одно-двухканальными или многоканальными сейсмостанциями с применением соответствующих зондов (P - зонд, S - зонд и т.п.). Прижим зондов к стенкам осуществляется с помощью различных прижимных устройств (пружинных, пневматических и др.). Расстояние между точками замеров между соседними сейсмоприемниками составляет 0,5-1 м. Расстояние между горными выработками при сейсмическом просвечивании составляет 10-20 м.

Ультразвуковой метод

4.10. Ультразвуковой метод является одним из способов детального изучения сейсмических свойств грунтов и применяется в комплексе с другими методами.

4.11. Ультразвуковой метод дает возможность:

выделять в грунтах неоднородности малых размеров;

в комплексе с сейсморазведочными методами судить о степени трещиноватости и неоднородности грунтовых толщ;

производить эксперименты при изменяющихся значениях влажности, давления и температуры;

сопоставлять сейсмические и инженерно-геологические параметры грунтов.

4.12. Методика ультразвуковых измерений включает два варианта:

полевые исследования в горных выработках;

лабораторные исследования на образцах грунтов.

Полевые ультразвуковые исследования лессовых грунтов в естественном состоянии являются источником наиболее ценной информации о сейсмических параметрах грунтов в данной точке. Однако в поле ограничены возможности изменять условия влажности, давлений и температур, чего легко достичь в лабораторных условиях. Следует по возможности сочетать лабораторные и полевые измерения.

4.13. С помощью ультразвукового метода решаются следующие задачи:

детальное расчленение толщи по скоростям упругих волн;

определение упругих модулей лессовых грунтов при различных значениях влажности, влагонасыщенности, пористости и т.д.;

режимные наблюдения за процессами в грунтах (влагоперенос, изменение структуры при просадке или при динамических нагрузках и т.д.).

4.14. При ультразвуковых наблюдениях в шурфах и дудках рекомендуется использовать методику сквозного прозвучивания. Желательно проводить изме-

рения времен пробега не менее чем на трех различных базах прозвучивания (15, 10, 7 см). Использование методики продольного профилирования вследствие сильного поглощения ультразвука в толще лессовых пород затруднительно.

4.15. При ультразвуковых исследованиях измеряются следующие величины: скорости волн продольных V_p и поперечных V_s, коэффициенты (или декременты) поглощения волн. Измерение V_s и коэффициентов (декрементов) поглощения связано с аппаратурно-методическими трудностями и не может считаться обязательным.

4.16. Для ультразвуковых полевых и лабораторных работ рекомендуется использовать модернизированный искатель кабельных линий Р5-5 или Р5-9. В лабораторных исследованиях возможно использовать также дефектоскопы УКБ-1 и ДУК-300.

4.17. Датчики ультразвуковых колебаний изготовляются из пьезокерамики или сегнетовой соли. Дефектоскопы комплектуются готовыми датчиками. Для исследования лессовых грунтов рекомендуется применять датчики с собственной частотой не выше 100 кГц.

4.18. Для возбуждения поперечных колебаний датчики изготовляются из поперечно-поляризованной керамики или кристаллов сегнетовой соли прямого среза.

4.19. Для создания надежного акустического контакта при возбуждении продольных волн используется солидол, а при возбуждении поперечных волн - эпоксидная смола без отвердителя.

4.20. Рекомендуется фиксировать волновую картину с экрана сейсмоскопа на фотопленку. Наиболее подходящими для этих целей являются фотокамеры типа "Смена" и "Любитель" (с возможностью перевода пленки не на целый кадр). Для изменения размеров тубуса фотоприставки используются сменные насадочные кольца или насадочные линзы.

4.21. При лабораторных исследованиях на образцах рекомендуется методика сквозного прозвучивания с переменной базой. Целесообразно выполнять измерения времени пробега упругих волн не менее чем на трех различных базах (15, 10, 7 см).

4.22. Значения скорости, определенные на различных базах прозвучивания, могут различаться. В этих случаях следует принимать их среднее значение.

Сейсмологический метод

4.23. Для определения количественных характеристик сейсмических колебаний лессовых грунтов при землетрясениях и взрывах организуется сеть временных сейсмологических станций. Характеристики некоторых типов сейсмологической аппаратуры приводятся в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Прибор, тип или марка	Диапазон измеряемых амплитуд, м доли	Рабочий диапазон частот, Гц	Чувствительность, м/с	Габариты, мм
Сейсмоприемники:				
СМ-2	10^{-7} $-3\cdot10^{-3}$	0,7-200	39	230x165x140
СМ-3	10^{-7} $-5\cdot10^{-3}$	0,5-200	24	230x165x140
С-5-С	10^{-7} $-15\cdot10^{-3}$	0,2-200	16	355x130x147
ВЭГИК	10^{-7} $-2\cdot10^{-3}$	1,0-50	20	300x135x120
ОСП	10^{-5} $-100\cdot10^{-3}$	0,7-40	4	140x102
по ускорениям	10^{-3} $-15(c^{-2})$	-	-	-
Трехкомпонентный пьезоэлектрический акселерометр АПТ-1	10^{-4} $-2(c^{-2})$	0,15-500	0,5	150x130

4.24. Регистрация землетрясений и взрывов производится сейсмологической аппаратурой с идентичными параметрами сейсмических каналов.

Таблица 4

Прибор, тип или марка	Способ регистрации	Количество каналов	Скорость развертки, мм/мин	Тип носителя и его ширина, мм	Полоса частот, Гц	Источник питания, В	Габариты, мм	Вес, кг
Осциллограф, светолучевой Н-700	Гальванометрический	6-14	2,5; 10; 40; 160; 640; 2500	Осциллографная бумага, 120	В зависимости от гальванометра	27	470x240x290	18
ОСБ-У1М	"	6	15; 30; 60; 120; 240; 480	То же, 280	То же	127 или 220	670x435x355	45
ОСБ-1М	"	6	0,5-120	Осциллографная бумага, 120	В зависимости от гальванометра	220	470x240x290	16
Н-010	"	30	1; 2; 5; 10; 25; 100; 250; 1000; 2500	То же, 300	То же	27	455x420x425	38
Осциллограф инженерно-сейсмический ИСО-П	"	6	5,10	Фотопленка	До 25	Автономное	455x240x380	13,5
Осциллограф перопишущий Н-002	То же, с тепловым пером	3	30; 60; 120; 240	Теплочувствительная бумажная лента, 305	До 8	220	590x440x210	35
Станция записи землетрясений С33-П	Магнитный аналоговый	6	46	Магнитный барабан, 50	0,1-5	12	500x500x550	30
Аппаратурный комплекс "Земля"	То же	4	60	Магнитная пленка "Свема", тип И/В-4409-35	0,5-7,5	12	630x390x180	22
АСС-3М "Черепаха"	"	3	30	Магнитная пленка "Свема", тип И/В-4409-25	0,5-20	12 и 6,3	600x500x250	38

4.25. Рекомендуется параллельная постановка наблюдений за слабыми и сильными землетрясениями. Для имитации сильных землетрясений целесообразно использование специально рассчитанных взрывов ВВ.

4.26. В зависимости от конструктивных особенностей сейсмологической аппаратуры наблюдения могут проводиться как в "ждущем" режиме, так и в режиме постоянной регистрации.

4.27. Сейсмографы устанавливаются на лессовых грунтах, имеющих разную влажность и находящихся в различных инженерно-геологических условиях с учетом п. 1.6. При детальном изучении волнового поля используется двух- или трехкомпонентная установка сейсмографов. В отдельных случаях возможно применение однокомпонентной установки.

5. ОСНОВНАЯ ОТЧЕТНОСТЬ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

5.1. При инженерно-геологическом картировании и изучении инженерно-геологических свойств грунтов результаты исследования сейсмических свойств лессовых грунтов представляются в виде главы, содержащей описание сейсмических свойств грунтов и их корреляции с инженерно-геологическими свойствами. К главе прилагаются:

инженерно-геологическая карта, составленная с учетом результатов сейсмических исследований;

инженерно-сейсмические разрезы, увязанные с геологическими данными;

таблицы инженерно-геологических и сейсмических свойств грунтов.

5.2. При сейсмическом микрорайонировании результаты исследования сейсмических свойств лессовых грунтов представляются в виде главы, содержащей материалы, указанные в п.5.1. Кроме того, к отчету прилагаются:

карта (схема) сейсмического микрорайонирования (масштаб 1:25 000 или крупнее);

прогнозные карты (схемы) сейсмического микрорайонирования, учитывающие изменение инженерно-сейсмической обстановки территории с течением времени в результате процессов техногенеза.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
1. Общие положения 4
2. Инженерно-геологические задачи, решаемые при исследовании сейсмических свойств лессовых грунтов 5
3. Задачи сейсмического микрорайонирования, решаемые при исследовании сейсмических свойств лессовых грунтов 6
4. Методика и техника изучения сейсмических свойств лессовых грунтов 8
Сейсморазведочные методы 8
Ультразвуковой метод 9
Сейсмологический метод 10
5. Основная отчетность по исследованию сейсмических свойств лессовых грунтов 12

ПНИИИС
Госстроя СССР

Руководство
по изучению
сейсмических свойств
лессовых грунтов
при инженерных
изысканиях
для строительства
в сейсмических районах

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией Л.Г. Бальян
Редактор М.Г. Авешникова
Младший редактор М. Н. Борисова
Технический редактор Т.И. Полюшкина
Корректор Е.Р. Герасимюк
Н/К

Подписано в печать 01.06.84 г. Т–20157 Формат 84x108/32
Бумага офсетная № 2 Печать офсетная Усл.печ.л. 0,63
Усл.кр.-отт. 0,94 Уч.-изд. л. 0,92 Тираж 5000 экз.
Изд. № XII-9674 Заказ 2860 Цена 5 коп.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская 23а

ЦИТП, 125878, ГСП, А-445, ул. Смольная, 22