

НИИОСП

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
имени Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЧЕТУ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОСНОВАНИЙ

gost.e-ecolog.ru

МОСКВА 1988

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
имени Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЧЕТУ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОСНОВАНИЙ

МОСКВА 1988

УДК 624.131.43

В Рекомендациях выделены генетические типы грунтов с органическими примесями предельно малой и малой степени литификации. Указаны методические особенности при исследовании свойств гумусированных и заторфованных грунтов, а также особенности проектирования и строительства на таких грунтах. Рекомендации могут быть использованы грунтовыми лабораториями и проектно-изыскательскими отделами при исследовании гумусированных и заторфованных грунтов как оснований сооружений.

Рекомендации составлены в лаборатории методов исследования грунтов НИИ оснований и подземных сооружений им.Н.М.Герсеванова Госстроя СССР канд.техн.наук Г.В.Сорокиной на основе проведенных исследований гумусированных и заторфованных грунтов и обобщения материалов исследований Латгипропрома, Гипрокоммунстроя, Укржилгипроводхоза, Латвийского территориального отдела Промстройпроекта и Фундаментпроекта. Издание 2-е, дополненное.

© Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова, 1988

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие Рекомендации распространяются на учет органических веществ в глинистых грунтах малой степени литификации (малоуплотненных - от текучей до пластичной консистенции) при проектировании оснований (таблица I.I).

I.2. Проектировать основания на указанных грунтах рекомендуется на основе данных изысканий и исследований грунтов, выполненных в соответствии с требованиями 9 главы СНиП II.9-78 "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения" и других нормативных документов по инженерным изысканиям и исследованиям грунтов, утвержденных Госстроем СССР с учетом настоящих Рекомендаций.

I.3. При оценке свойств грунтов с органическими веществами рекомендуется различать и определять раздельно органические (растительные) остатки, находящиеся в грунте в виде неразложившихся механических включений, не утерявших своей структуры (заторфованность) и аморфные гумусированные органические вещества (гумус).

I.4. Исследовать глинистые гумусированные и заторфованные грунты малой степени литификации следует с учетом их особенностей и методов строительства на них.

I.5. При строительстве на водонасыщенных ($S_r > 0,85$) глинистых гумусированных и заторфованных грунтах, испытывающих большую непрерывную деформируемость при малых нагрузках, рекомендуется проводить следующие предпостроечные мероприятия:

а) предпостроечное уплотнение территории, подлежащей застройке, путем отгрузки временной или постоянной насыпью или пригрузки массивами с устройством фильтрующего слоя, дренажных прорезей или скважин;

б) временное или постоянное водопонижение;

в) водопонижение в песчаном слое, подстилающем гумусированные и заторфованные грунты.

I.6. При проектировании отгрузки больших площадей глинистых гумусированных и заторфованных грунтов следует принимать условие вертикального сжатия грунта без возможности бокового расширения.

Конечную осадку и сроки консолидации в данном случае возможно рассчитывать по испытаниям на сжимаемость грунтов в одометре.

I.7. При проектировании на основании, сложенном водонасыщенными гумусированными глинистыми и заторфованными грунтами ($S_r >$ 0.85), медленно уплотняющимися (коэффициент консолидации C_v ($1 \cdot 10^{-7}$ м^2/сек),

Таблица I.I

Схема классификации органических грунтов и грунтов, содержащих органические вещества в начальной стадии формирования (малой степени литификации)

Группа грунтов по степени литификации	Группа I Отложения предельно малой степени литификации (скрыто-текучая консистенция)				Группа II Отложения малой степени литификации (пластичная консистенция)				
Генетические типы	Содержание органики		Степень разложения %	Литологический тип	Генетические типы	Содержание органики		Степень разложения, %	Литологический тип
	гумус %	растит. остатки, %				гумус, %	растит. остатки, %		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
I. Континентальные					I. Континентальные				
а) аллювиальные	<I0	-		Илы супесчаные, суглинистые и глинистые гумусированные	а) аллювиальные	<I0	-	-	Супеси, суглинки и глины гумусированные
б) озерные	-"-	-			б) озерные	-"-	-	-	
а) аллювиальные	<I0	<I0		Илы супесчаные, суглинистые и глинистые с растительными остатками	а) аллювиальные	<I0	<I0	-	Супеси, суглинки и глины с растительными остатками

Продолжение таблицы I.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO
б)озерные		мельче, чем у торфа	<35	Сапропели (органические пресноводные илы)	б)озерные	<IO	<IO	–	Супеси, суглинки и глины с растительными остатками
в)болотные	>IO	>50	<50	Торф					
		<50		Заторфованный грунт	в)болотные	"	>50	<50	Торф
2.Лагунные	<IO	–		Илы супесчаные, суглинистые и глинистые гумусированные			<50		Заторфованный грунт
					2.Лагунные	<IO	–	–	Супеси, суглинки и глины гумусированные
3.Морские	<IO	<IO		Илы супесчаные, суглинистые и глинистые с растительными остатками	3.Морские	<IO	<IO	–	Супеси, суглинки и глины с растительными остатками

следует учитывать возможность возникновения от нагрузки нестабилизированного состояния грунтов основания за счет образования избыточного давления в поровой воде, анизотропию прочностных, деформационных и фильтрационных характеристик, а также тиксотропию илов.

I.8. Устойчивость сооружения на сильносжимаемом основании может быть определена по приближенным формулам, основанным на решениях Прандтля $\alpha_g \approx 5{,}14C$, где учитывается только сцепление.

2. НОМЕНКЛАТУРА ГРУНТОВ

2.I. Грунты с содержанием органических веществ следует подразделять на гумусированные с содержанием гумуса и заторфованные, содержащие кроме гумуса растительные остатки.

2.2. Для заторфованных грунтов следует учитывать степень заторфованности грунта, если она больше I0%, и степень разложения.*)

Степенью заторфованности грунта $\mathcal{J}_{or}$ называется отношение веса растительных остатков в образце грунта, высушенных при температуре I00-I05°, к весу сухого грунта.

В зависимости от степени заторфованности пылевато-глинистым грунтам присваиваются дополнительные наименования согласно табл.2.I.

Таблица 2.I.

Наименование грунтов	Степень заторфованности грунта
I. Пылевато-глинистые грунты (супеси, суглинки, глины, илы) с примесью растительных остатков	$0{,}05 < \mathcal{J}_{or} \leqslant 0{,}10$
2. Слабозаторфованные	$0{,}10 < \mathcal{J}_{or} \leqslant 0{,}25$
3. Среднезаторфованные	$0{,}25 < \mathcal{J}_{or} \leqslant 0{,}40$
4. Сильнозаторфованные	$0{,}40 < \mathcal{J}_{or} \leqslant 0{,}50$

2.3. В зависимости от содержания гумуса пылевато-глинистым грунтам присваиваются дополнительные наименования согласно табл. 2.2.

*) Степенью разложения грунта $\mathcal{D}_{pd}$ называется соотношение между количеством гумуса и неразложившегося органического волокна (%).

Таблица 2.2

Наименование грунтов	Количество гумуса, %
1. Глина (суглинок, супесь и т.д.), слабо гумусированная	2 – 3
2. Глина (суглинок, супесь и т.д.), средне гумусированная	3 – 6
3. Глина (суглинок, супесь и т.д.), сильно гумусированная	> 6

Гумусированные глины в зависимости от числа пластичности следует подразделять на:

малопластичные $17 < J_p \leqslant 25$

среднепластичные $25 < J_p \leqslant 40$

высокопластичные $J_p > 40$

3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГУМУСИРОВАННЫХ И ЗАТОРФОВАННЫХ ГРУНТОВ

3.1. При исследовании заторфованных и гумусированных грунтов следует учитывать возможное влияние растительных остатков (степень заторфованности) и органических коллоидов (содержание гумуса).

3.2. Степень заторфованности грунта $J_{заг}$ определяют по отношению массы растительных остатков в образце грунта, высушенных при температуре 100–105°, к массе сухого грунта.

3.3. Соотношение неразложившегося органического вещества (растительных остатков, волокна) и гумуса– степень разложения ($J_{раз}$) – определяют по ГОСТ 10650–72. Торф. Метод определения степени разложения. Сущность метода заключается в отделении гумуса торфа от волокна в водной среде центрифугированием с последующим определением степени разложения торфа с помощью графика.

Метод позволяет исследовать грунты со степенью разложения менее 75%.

3.4. Растительные остатки выделяют из грунта сухим или мокрым способом и определяют их количество по ГОСТ 22740–79. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ (М., Издательство стандартов, 1979).

Количество гумуса в грунтах следует устанавливать по содержа-

нию углерода разложившихся органических веществ в грунте, определенного оксидометрическим методом или методом сухого сжигания в соответствии с требованиями ГОСТ 23740-79.

3.5. Нормативные значения характеристик заторфованных и гумусированных грунтов, как правило, должны устанавливаться на основе непосредственных определений при изысканиях, выполняемых для природного состояния грунтов с учетом возможного изменения их свойств в процессе строительства и эксплуатации сооружения.

3.6. Для исследования заторфованных и гумусированных грунтов рекомендуется применять полевые методы исследования, исключающие динамическое воздействие на грунт.

Характеристики деформируемости грунтов с органическими примесями в полевых условиях рекомендуется определять с помощью штампов и прессиометров по ГОСТ 20276-85 Грунты. Методы полевого определения характеристик деформируемости. М., Издательство стандартов, 1985. Характеристики прочности этих грунтов в полевых условиях рекомендуется определять методом вращательного среза по ГОСТ 21719-80. Грунты. Методы полевых испытаний на срез в скважинах и в массиве (М., Изд-во стандартов, 1980).

3.7. Полевые методы исследования должны дополняться получением нормативных значений характеристик грунтов в лаборатории по отобранным образцам для установления изменения их свойств под нагрузкой с изменением коэффициента пористости.

3.8. Отбор образцов с ненарушенной структурой рекомендуется проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 12071-84 Грунты. Отбор, упаковка, хранение и транспортирование образцов (М., Изд-во стандартов, 1985). При отборе образцов из скважин следует применять метод обуривания. Методы задавливания при отборе грунтов со слабыми структурными связями приводят к уплотнению грунта.

3.9. Деформируемость заторфованных и гумусированных грунтов, под нагрузкой рекомендуется определять в одометрах в условиях отсутствия бокового расширения (компрессионный опыт) и результаты обрабатывать в виде экспоненциальной зависимости коэффициента пористости e_n от напряжения σ_n :

$$e_n = e_k + b\exp(a\sigma_n), \qquad (3.1)$$

где e_k, b, a – параметры компрессионной кривой;

e_k – конечное значение коэффициента пористости, к которо-

му стремится компрессионная кривая;

b – безразмерная величина;

a – имеет размерность коэффициента уплотнения, $МПа^{-1}$;

exp – экспоненциональная функция $a\sigma_n$.

3.10. Параметры компрессионной кривой определяются путем ее аппроксимации.

Для нахождения параметров компрессионной кривой, логарифмируют выражение 3.1

$$lg(e_n - e_к) = lg\,b + a\sigma_n\,lg\,e.$$

Для нахождения $e_к$ берут две произвольные точки на компрессионной кривой $e_1, \sigma_1, e_2, \sigma_2$.

Затем выбирают третью точку так, чтобы $\sigma_3 = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2)$ и для нее находят по кривой e_3.

Из трех прологарифмированных уравнений:

$$e_1 = b e^{a\sigma_1} + e_к;$$
$$e_2 = b e^{a\sigma_2} + e_к;$$
$$e_3 = b e^{a\sigma_3} + e_к$$
$$lg\frac{(e_1 - e_к)}{b} = a\,lg\,e\sigma_1;$$
$$lg\frac{(e_2 - e_к)}{b} = a\,lg\,e\sigma_2;$$
$$lg\frac{(e_3 - e_к)}{b} = a\,lg\,e\sigma_3$$

находят значение $e_к$, равное

$$e_к = \frac{e_1 \cdot e_2 - e_3^2}{e_1 + e_2 - 2e_3}.$$

Для определения параметров a и b разбивают всю совокупность точек компрессионной кривой на две группы. Суммируют каждую группу и составляют два уравнения для первой и второй групп точек:

$$\sum lg(e_n - e_к) = n\,lg\,b + a\,lg\,e\,\sum\sigma_n,$$

где n – число членов в каждой группе.

Из двух уравнений находят неизвестные параметры a и b (см. пример аппроксимации в табл. 3.1).

3.11. Определение сжимаемости грунта рекомендуется производить при осевом фильтрационном потоке в компрессионном приборе (одометре) на образцах ненарушенного сложения в подводном состоянии без возможности набухания (под арретиром) по ГОСТ 23908-79. Грунты. Метод лабораторного определения сжимаемости (М., Изд-во стандартов, 1980). Испытывают образцы цилиндрической формы с минимальной высотой

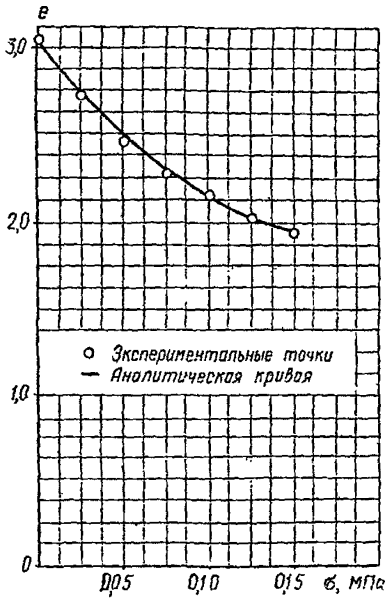


Рис. 3.I. Компрессионная кривая для гумусированного глинистого ила (Калининград, ЦБК-2, скв. 37, глубина 8-8,2 м)

Таблица 3.I

Пример аппроксимации компрессионной кривой глинистого ила экспонентной типа $e_n = e_к + b\exp(a\sigma)$

σ_n, МПа	e_n (экспериментальные данные)	$e_n - e_к$	$\lg(e_n - e_к)$	$\lg b$	$a\lg e$	$a\lg e\sigma_n$	$\lg b + a\lg e\sigma_n = \lg(e_n - e_к)$	$e_n - e_к$	по аналитическ. кривой e_n (анал)	Отклонение аналитическ. кривой от эксперимент. точек
0,00							0,I268	I,3400	3,004	
0,025	2,746	I,082	0,0342	0,0342	0,I268	-4,37I7	-0,I093	0,0I75	I,04I	2,705	-0,04I
0,050	2,47I	0,807	$\bar{I}$,9069	-0,093I			-0,2I86	-0,09I8	$-\bar{I}$,9082	0,8090	2,473	+0,002
0,075	2,27I	0,607	$\bar{I}$,7832	-0,2I68			-0,3279	-0,20II	$-\bar{I}$,7989	0,6293	2,293	+0,022
$\Sigma\sigma_n$ = 0,I50			$\Sigma\lg(e_n - e_к)$ -0,2757									
0,I00	2,I66	0,502	$\bar{I}$,7007	-0,2993			-0,4372	-0,3I04	$-\bar{I}$,6896	0,4893	2,I53	-0,0I3
0,I25	2,040	0,376	$\bar{I}$,5752	-0,4248			-0,5465	-0,4I97	$-\bar{I}$,5803	0,3804	2,044	+0,004
0,I50	I,955	0,29I	$\bar{I}$,4639	-0,536I			-0,6558	-0,5290	$-\bar{I}$,47I0	0,2958	I,960	+0,005
$\Sigma\sigma_n$=0,375			$\Sigma\lg(e_n - e_к)$=I,2602									

σ_1 =0,025; МПа; σ_2=0,I50 МПа; σ_3=0,0875 МПа;
e_1 =2,746; e_2 =I,955; e_3 = 2,225

$$e_к = \frac{2,746 \times I,955 - 2,225^2}{2,746 + I,955 - 2 \times 2,225} = \frac{0,4I78}{0,25I0} = I,664$$

I) -0,2757 = 3 $\lg b$ + 0,4343 x 0,I5a
2) -I,2602 = 3 $\lg b$ + 0,4343 x 0,375a
0,9845 = -0,0978a
a = -I0,066

-0,2757 = 3$\lg b$ - 0,6557 = 0,3800 = 3$\lg b$
$\lg b$ = 0,I268
b = I,340

Аналитическая кривая приведена на рис.3.I.

20 мм и при отношении между диаметром и высотой, равным 3,5. При испытании сильносжимаемых заторфованных грунтов рекомендуется применять рычаги в форме дисков.

В качестве фильтрующих поверхностей рекомендуются керамические пористые диски, которые следует покрывать бумажными фильтрами. Образцы заливают грунтовой водой или водной вытяжкой. Давление на образец грунта передают с помощью рычажного пресса ступенями до 0,15-0,20 МПа. В компрессионном опыте постепенно увеличивается нагрузка, начиная от 0,001 МПа и до начала деформации (начальные показания мессуры). Это давление фиксируется как $\sigma_{стр}$ и в зависимости от его величины определяются ступени нагрузки.

Учитывая, что газонасыщенные образцы могут увеличиваться в объеме при подъеме их на поверхность, рекомендуется вычислять по формуле В.Г.Булычева [1] величину набухания:

$$\Delta h_н = \frac{h e_0 (1 - S_r)}{1 + e_0}, \qquad (3.2)$$

где h – высота образца;
e_0 – коэффициент пористости;
S_r – степень влажности.

Деформацию набухания рекомендуется устранять путем обжатия образца под арретиром на величину $\Delta h_н$ или учитывать путем корректировки компрессионной кривой после ее построения (см.ниже).

За стабилизацию деформации рекомендуется принимать деформацию, не превышающую 0,01 мм за 12 часов.

Коэффициент пористости для каждой ступени нагрузки в компрессионном испытании рекомендуется вычислять по формуле

$$e_n = e_0 - \frac{\Delta h}{h}(1 + e_0), \qquad (3.3)$$

где e_0 – начальный коэффициент пористости;
e_n – коэффициент пористости при σ_n;
Δh – деформация образца, мм;
h – высота образца, мм.

На рис.3.2 показана компрессионная кривая для глинистого ила из бухты Врангеля; г,б,в – экспериментальная кривая без учета разбухания образца. Для внесения поправки на разбухание по формуле 3.2 получена величина $\Delta h_н$ равная 0,984 мм, ей соответствует от-

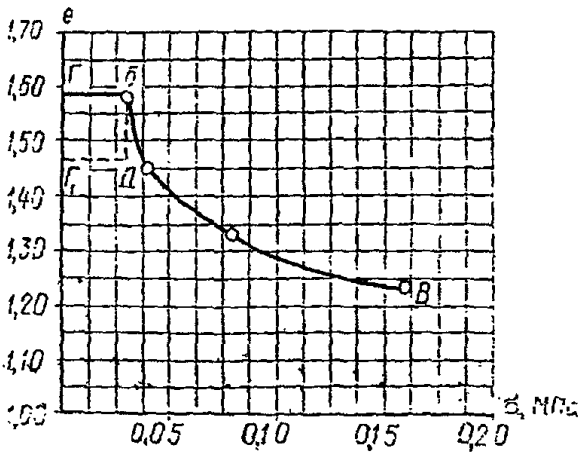


Рис. 3.2. Приведенная компрессионная кривая гумусированного пылевато-глинистого грунта

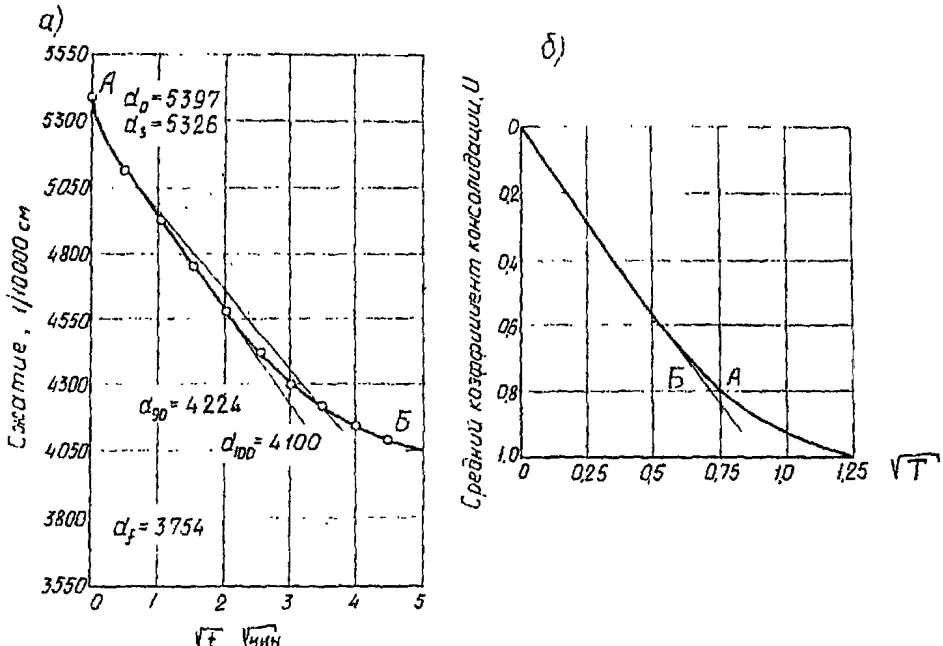


Рис. 3.3. Метод квадратных корней

носительная деформация $\frac{\Delta h}{h}$ равная 0,0492. Зная относительную деформацию, по формуле (3.3) легко вычислить действительный коэффициент пористости $e_{прив}$, который имел образец в природном залегании.

Для рассмотренного примера приведенный коэффициент пористости $e_{прив}$ = 1,465. Приведенная компрессионная кривая г, д, в. Кривая д, в от точки б (б стр) соответствует аналитическому выражению (3.1), в котором

$$e_к = 1{,}151; \qquad b = 0{,}454; \qquad a = -11{,}84 \text{ МПа}^{-1}.$$

3.12. Коэффициент консолидации C_v пылевато-глинистых гумусированных и заторфованных грунтов рекомендуется определять путем обработки кривой консолидации по методу Тейлора /4/ "квадратный корень из времени". Кривая консолидации строится по данным испытаний грунта ненарушенной структуры в компрессионном приборе под постоянным заданным давлением, по величине соответствующей проектному. Перед испытанием образцы грунта уплотняются нагрузкой, эквивалентной природной ("структурная прочность"), которая соответствует началу сжатия образца в компрессионном приборе и определяется в соответствии ГОСТ 23308 и п.3.11. Нагрузка на образец передается мгновенно, отсчеты по мессуре записываются через 5,15,30 с; 1,2,3,5,10,15,30, 60 минут, далее через каждый час до 8 часов и затем 2 раза в сутки.

3.13. Тейлор рекомендует основываться на обработке экспериментальной и теоретической кривых консолидации.

Экспериментальная кривая консолидации (рис.3.3а) составляется в координатах – корень квадратный из времени в минутах (ось абсцисс) и сжатие образца (ось ординат).

Теоретическая кривая консолидации представляется в координатах соответственно – корень квадратный из времени (коэффициента времени) и средний коэффициент консолидации.

Теоретическая кривая консолидации до степени консолидации примерно 0,60 представляет собой прямую линию.

Абсцисса кривой (рис.3.3б) при консолидации 0,90 (точка А на графике 2) равна 1,15 абсциссы прямой, являющейся продолжением прямолинейного участка (точка Б на графике 3.3б).

Это обстоятельство позволяет определить на лабораторной кривой (рис.3.3а) точку, соответствующую степени консолидации 0,90. Для этой цели к экспериментальной кривой консолидации на ее начальном участке проводят касательную, пересекающую ось ординат ($t = 0$) обычно несколько ниже экспериментальной кривой (d_y – соответствует

в данном случае 5,326 у.е. в силу влияния газонасыщения поровой воды; d_s – называется приведенным нулем. Затем проводят вторую прямую, абсциссы которой составляют 1,15 абсцисс первой прямой.

Пересечение второй прямой с экспериментальной кривой дает время t_{90} (или $\sqrt{t_{90}}$), соответствующее степени консолидации 0,90.

Коэффициент консолидации для экспериментальной кривой определяется из уравнения

$$T_{90} = \frac{C_v t_{90}}{\left(\frac{H}{2}\right)^2}, \qquad (3.4)$$

где T_{90} – коэффициент или фактор времени, соответствующий степени консолидации 90%;

C_v – коэффициент консолидации;

$\frac{H}{2}$ – при двухсторонней фильтрации половина высоты образца в начале и в конце данного приращения нагрузки.

Из уравнения (3.4)

$$C_v = \frac{T_{90}\left(\frac{H}{2}\right)^2}{t_{90}}. \qquad (3.5)$$

Поскольку характеристики грунта и толщина сжимаемого слоя входят в уравнение определения степени консолидации $U = f(T)$ только в комбинации, представленной безразмерным фактором времени T, значение U будет одним и тем же для любого пласта, который консолидируется в одинаковых условиях нагрузки и дренирования. Оно было определено Терцаги с помощью дифференциального уравнения консолидации для всех условий, имеющих практическое значение.

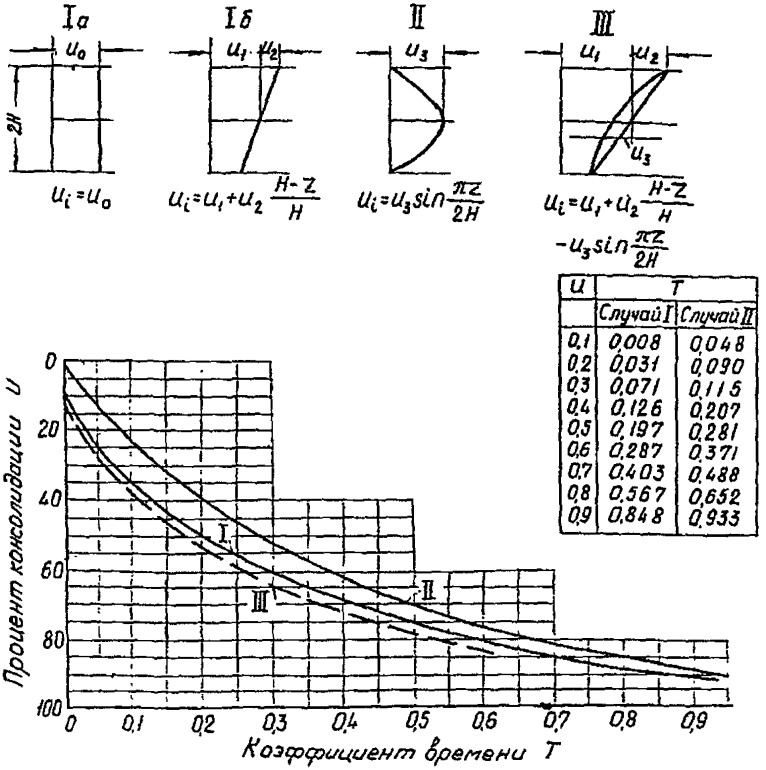
Полученные Терцаги результаты представлены в виде графика и таблиц на рис.3.4.

Для определения C_v по уравнению (3.5) T_{90} берут из таблицы на рис. 3.4 t_{90} определяют графически по экспериментальной кривой консолидации (см.рис.3.3)

Для определения доли деформации грунта за счет ползучести определяют общее, первичное и вторичное сжатие.

За общее сжатие принимается разность между начальным сжатием (в данном случае d_o = 5397 усл.ед.) и суточным сжатием (d_f = = 3754 усл.ед.).

Разность между $d_s - d_o$ (рис.3.3) называется первичным сжатием. Отношение первичного сжатия к общему сжатию называется



U	T	
	Случай I	Случай II
0,1	0,008	0,048
0,2	0,031	0,090
0,3	0,071	0,115
0,4	0,126	0,207
0,5	0,197	0,281
0,6	0,287	0,371
0,7	0,403	0,488
0,8	0,567	0,652
0,9	0,848	0,933

Рис. 3.4. Зависимость степени консолидации от фактора времени по Терцаги

степенью первичного сжатия (γ_1) и определяется по формуле

$$\gamma_1 = \frac{10}{y} \frac{(d_s - d_{sc})}{(d_c - d_f)}, \qquad (3,6)$$

т.е. общее сжатие под нагрузкой состоит из трех частей: начального сжатия от d_o до d_s ; первичного сжатия от d_s до d_{sec} и вторичного сжатия от d_{sec} до d_f .

Такое подразделение сжимаемости является условным и не объясняет физической природы грунта, но позволяет получить общие закономерности изменения доли первичного и вторичного сжатия при консолидации.

3.I4. Пример определения коэффициента консолидации пылевато-глинистого гумусированного ила.

На основании экспериментальных данных в табл.3.2 построена кривая АВ (рис.3.5) в координатах корень квадратный из времени в минутах (графа 4) и сжатие в условных единицах I/I0000 см (графа 8). К начальному участку кривой проводится касательная $a\acute{e}$ и из точки пересечения касательной с осью ординат проводится вторая прямая ac, абсциссы которой равны I,I5 соответствующих абсцисс прямой $a\acute{e}$

Приведенный нуль d_s соответствует сжатию в 4.920 у.е.

Сжатие 4.390 у.е. соответствует консолидации 90%, а время соответствующее этой консолидации, равно $5,I^2$ мин.

Коэффициент консолидации C_v из уравнения (3.5) равен:

$$C_v = \frac{0,833\ (I)^2\ см}{26,0I\ мин. x60} = 5,98 x I0^{-4}\ \frac{см^2}{с} = I,79 x I0^4\ \frac{см^2}{год}\ \text{или}\ I,79\ \frac{м^2}{год}\ .$$

Примечание: $C_v = I\ \frac{см^2}{с} = 3 \times I0^7\ \frac{см^2}{год}$.

3,I5. Фильтрационные характеристики (коэффициент фильтрации K и начальный градиент напора i_o) рекомендуется определять в одометрах (компрессионных приборах) после стабилизации деформации грунта под нагрузкой. Фильтрацию следует проводить при движении воды сверху вниз, при небольших (I–4) переменных градиентах напора.

Через образец следует пропускать грунтовую воду или вытяжку из исследуемого грунта. Фильтрация дистиллированной воды не допус-

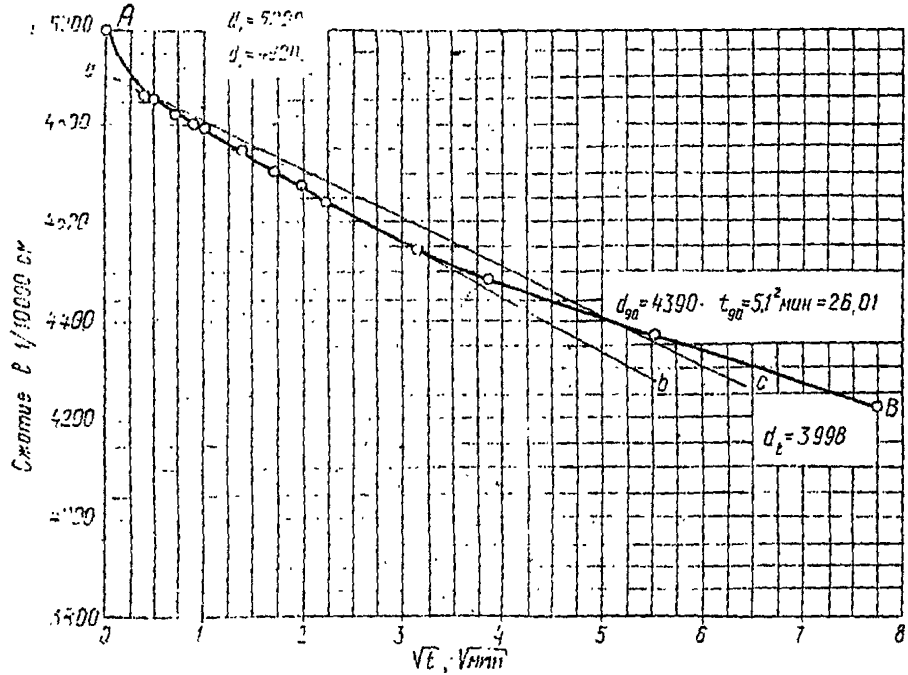


Рис. 3.5. Определение коэффициента консолидации пылевато-глинистого гумусированного ила (лаб. № 216) методом квадратного корня из времени

Форма записи экспериментальных данных для определения коэффициента консолидации ила методом квадратных корней из времени при нормальном давлении 0,025 МПа

Таблица 3.2

Время от начала приложения ступени нагрузки, мин	$\sqrt{t}$, мин	Общая деформация грунта, мм	Деформация грунта за ступень		Сжатие b условн. единицах I/I0000 см
			мм	см	
0	-	0,000	0,000	0,0000	5000
0,I66	0,4	0,I34	0,I34	0,0I34	4866
0,25	0,50	0,I44	0,I44	0,0I44	4856
0,50	0,70	0,I74	0,I74	0,0I74	4826
0,75	0,87	0,I94	0,I94	0,0I94	4806
I	I	0,204	0,204	0,0204	4796
2	I,4	0,254	0,254	0,0254	4746
3	I,7	0,294	0,294	0,0294	4706
4	2	0,324	0,324	0,0324	4676
5	2,24	0,354	0,354	0,0354	4646
I0	3,I6	0,454	0,454	0,0454	4546
I5	3,87	0,5I4	0,5I4	0,05I4	4486
30	5,42	0,634	0,634	0,0634	4366
60	7,674	0,784	0,784	0,0784	42I6
I20	I0,95	0,864	0,864	0,0864	4I36
I80	I3,42	0,894	0,894	0,0894	4I06
240	I5,49	0,9I4	0,9I4	0,09I4	4086
300	I7,32	0,934	0,934	0,0934	4066
360	I8,9I	0,938	0,938	0,0938	4062
420	20,49	0,944	0,944	0,0944	4056
I440	37,9	I,002	I,002	0,I002	3998

кается.

Фильтрационные характеристики заторфованных грунтов малой степени литификации в одометре следует определять по методике, изложенной в Рекомендациях /3/.

Примечание: При определении сжимаемости и коэффициента фильтрации гумусированных и заторфованных грунтов следует учитывать их анизотропию, для чего необходимо исследовать образец в двух направлениях.

3.16. Для оценки прочности гумусированных и заторфованных грунтов малой степени литификации к началу строительного периода рекомендуется проводить неконсолидированно-недренированные испытания в условиях трехосного сжатия.

Для оценки прочности грунтов τ при возможности дренирования и уплотнения под нагрузкой от сооружения (конец строительного периода и период эксплуатации сооружения) следует проводить консолидированно-дренированные испытания.

Испытания на прочность должны проводиться не менее, чем при трех гидростатических (средних нормальных) давлениях.

Величины гидростатического давления должны изменяться в интервале от $\sigma_{стр}$ ($\sigma_з$) до величины предполагаемой проектной нагрузки.

Испытания грунтов в условиях трехосного сжатия следует проводить по ГОСТ 26.518-85. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости при трехосном сжатии (М., Изд-во стандартов, 1985).

Количество частных определений τ для вычисления нормативного и расчетного значения φ и C зависит от неоднородности грунта основания и требуемой точности вычисления и должно устанавливаться способом доверительных пределов в соответствии с приложением 3 ГОСТ 20522-75. "Грунты. Метод статистической обработки результатов определений характеристик. (М.,Издательство стандартов, 1975).

3.17. При определении водных свойств (влажности W, границ текучести W_L и раскатывания W_p, максимальной молекулярной влагоемкости $W_м$ и полной влагоемкости $W_б$) гумусированных и заторфованных грунтов рекомендуется учитывать способность органических коллоидов к старению во времени (коагуляция коллоидов при подсушивании) и определять эти свойства только из грунта природной влажности без предварительного подсушивания на воздухе. Избыток влаги из грунта может быть удален путем отжатия под грузом 2-5 кг или прессом между прокладками из хлопчатобумажной ткани и фильтровальной бумаги.

Для грунтов с содержанием растительных остатков более 30% определение границы раскатывания из-за возникающих трудностей может быть заменено определением максимальной молекулярной влагоемкости.

При определении природной влажности грунтов и влажности на границах раскатывания и текучести следует руководствоваться ГОСТом 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических харак-

теристик.(М.,Издательство стандартов, 1985), а при определении максимальной молекулярной влагоемкости и полной влагоемкости можно использовать имеющиеся руководства по исследованию физических свойств грунтов.

3.18. Плотность частиц (ρ_s,г/см^3) гумусированных и заторфованных грунтов рекомендуется определять пикнометрическим методом в керосине в соответствии с ГОСТ 5180-84. Для удаления пузырьков воздуха из грунта применяется вакуумирование.

3.19. Гранулометрический состав мелкозема гумусированных грунтов рекомендуется определять только из грунта природной влажности при помощи ареометра в соответствии с ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава (М.,Изд-во стандартов, 1980).

Подготовку грунта к анализу рекомендуется проводить путем растирания навески в 40-50 г в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником в течение 40 мин при постепенном добавлении дистиллированной воды до состояния густой сметаны.

3.20. Рекомендуется учитывать структурную связность гумусированных и заторфованных грунтов. При содержании растительных остатков до 20% для определения структурной связности можно рекомендовать метод расплющивания.

Метод изложен в Инструкции по определению структурной связности пластичных глинистых грунтов (2).

3.21. Для гумусированных грунтов малой степени литификации рекомендуется учитывать тиксотропию.

Для оценки тиксотропной потери прочности грунта при механических воздействиях и ее восстановления во времени рекомендуется применять метод вращательного среза в полевых и лабораторных условиях. Для установления времени тиксотропного восстановления структуры грунта во времени необходимо принимать меры для сохранения природной влажности грунта.

Тиксотропность грунта может оцениваться коэффициентом тиксотропного упрочнения $K_{упр}$, равного отношению максимального значения предельного сопротивления сдвигу τ_{max} к минимальным значениям τ_{min} в первый момент после тиксотропного разрушения структуры.Такие показателем тиксотропности грунта может быть время тиксотропного восстановления структуры. Тиксотропию рекомендуется определять в соответствии с Рекомендациями /3/.

4. СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ ГУМУСИРОВАННЫХ И ЗАТОРФОВАННЫХ ГРУНТОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЧЕТУ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

4.1. Рекомендуется при производстве изысканий, проектировании и исследовании свойств глинистых грунтов в строительных целях учитывать наличие в грунте органических коллоидов (гумуса) более 2% и растительных остатков более 5%. Органические коллоиды обусловливают способность грунта к "старению-коагуляции", благодаря чему уменьшается количество глинистых частиц и пластичность грунта. Это проявляется при длительном хранении и подсушивании образцов грунта.

4.2. Рекомендуется при оценке строительных свойств грунтов малой степени литификации, содержащих органические вещества, учитывать их структурную связность как резерв прочности за счет структурных связей и тиксотропию, обусловливающую потерю прочности при механических и сейсмических воздействиях на грунт с возможным ее восстановлением при устранении причины разрушения структуры. Тиксотропия грунтов может проявляться при забивке свай, при производстве работ по устройству фундаментов, при землетрясениях.

4.3. Следует учитывать, что физико-механические свойства глинистых гумусированных и заторфованных грунтов в основном определяются большой гидрофильностью органического вещества. Чем меньше степень разложения растительных остатков, тем выше гидрофильность грунтов. За показатель гидрофильности грунта рекомендуется принимать полную влагоемкость или границу текучести.

Полная влагоемкость торфов 1400-500%, заторфованных грунтов – 500%; глинистых гумусированных грунтов $< 200\%$.

4.4. Необходимо иметь ввиду, что характер влияния органического вещества в глинистых грунтах на их пластичность зависит от его вида. В прямой зависимости находится количество гумуса $C_{\varphi r}$ в грунте с влажностью на границах текучести и раскатывания. Для аллювиальных, морских и озерных глинистых гумусированных грунтов Балтийского бассейна эти зависимости описываются уравнениями:

$W_L = 27{,}855 + 3{,}366\ C_{\varphi r}(4{,}1)$; $\gamma = 0{,}706$; $\delta_{W_L} = \pm 21{,}4\%$

$W_p = 24{,}659 + 3{,}74\ C_{\varphi r}(4{,}2)$; $\gamma = 0{,}671$; $\delta_{W_p} = \pm 10{,}5\%$

γ – коэффициент корреляции; δ – среднеквадратичное отклонение.

Число пластичности в зависимости от содержания гумуса изменя-

ется для этих грунтов по уравнению:

$$\gamma_p = 2{,}433 + 4{,}694\, C_{opr}\ (4{,}3); \quad r = 0{,}608; \quad \delta_{\gamma_p} = \pm 15{,}6\%.$$

С увеличением количества растительных остатков в грунте также увеличивается влажность на границах текучести W_L и раскатывания W_p. Абсолютные значения влажности на границах пластичности и значение числа пластичности зависят как от степени разложения органического вещества, так и от состава минерального скелета грунтов. Примесь неразложившихся растительных остатков, как правило, уменьшает число пластичности и при количествах остатков 10% (для супесей), 25% (для суглинков), 45-50% (для глин) грунт теряет пластичность. При добавлении разложившегося органического вещества в глину число пластичности меняется мало. Закономерности изменения пластичности для некоторых глинистых грунтов с примесью растительных остатков иллюстрируются экспериментальными данными, приведенными в табл.4.I.

Для гумусированных аллювиальных пойменных отложений, отложений стариц, озер и реликтовых прудов как правило не наблюдается прямой зависимости между количеством глинистых частиц и количеством гумуса. Наблюдается определенная зависимость между номенклатурным видом грунта (супесь, суглинок, глина) и количеством органики.

В гумусированных грунтах выделены виды: супеси с числом пластичности 3-5% и содержанием гумуса от долей процентов до 3%; суглинки с числом пластичности II-I7% и содержанием гумуса I-7%; глины с числом пластичности от 2I до 75% и количеством гумуса от 3-I6%.

Как правило, влажность и плотность этих грунтов изменяется пропорционально увеличению содержания органического вещества. Плотность и плотность частиц глинистых гумусированных грунтов малой степени литификации уменьшаются по экспоненциальным уравнениям типа:

$$\rho_s = K_1 + K_2 \exp\left(K_3 C_{opr}\right), \qquad (4.4)$$

в котором для плотности частиц ρ_s коэффициенты равны:

$K_1 = 2{,}32$; $K_2 = 0{,}63$; $K_3 = -0{,}284$.

Для совокупности пылевато-глинистых гумусированных грунтов, содержащих от 2 до I8% гумуса, зависимость между коэффициентом пористости и количеством органики может быть описана уравнением прямой: $e_0 = 0{,}838 + 0{,}174\, C_{opr}$ (4.5). Коэффициент корреляции r между e_0 и C_{opr} равен 0,73. Установленная зависимость (4.5) дей-

Таблица 4.I

Зависимость характеристик пластичности глинистых грунтов от содержания органического вещества

Характеристика составляющих минеральной части об-ца и органических добавок						Пластичность, %		
Наименование грунта	Частиц <0,005 мм, %	Гумус, %	Наименование включений	Степень разлож. в %	Кол-во, %	W_L	W_p	J_p
I. Глинистый ил	6I	2,47			0	74 64	33 29	4I 35 x)
2. -"-	"	"	Растительные остатки		I0	82,8	5I,2	3I,6
3. -"-	"	"	"		25	II7,2	88,2	29
4. -"-	"	"	"		40	I6I	I54,6	6,4
5. -"-	"	"	"		60	2I5	-	-
6. -"-	"	"	Торф низинный	45	40	II0,6	77,9	32,7
7. -"-	"	"	"	"	60	I23,8	93,5	30,3
8. Глинистый ил	60	3,99	"	"	-	53,5	30,6	22,9
9. -"-	"	"	"	"	25	I0I,5	77,6	23,9
I0. -"-	"	"	"	"	40	II2,2	88,7	23,5
II. Глинистый ил	40	9,I	"	"	-	I20	5I	69
I2. -"-	"	"	"	"	40	I38	II8	20
I3. Суглинок	20,5	I,48	"	"	40	30	I5	I5
I4. -"-	"	"	Растительные остатки	-	5	42	29	I3
I5. -"-	"	"	"	-	8	50	33	I7
I6. -"-	"	"	"	"	I0	5I	36	I5
I7. -"-	"	"	"	-	25	66	-	-
I8. -"-	"	"	"	-	40	94	-	-
I9. -"-	"	"	"	-	60	II6	-	-
20. Супесь	"	"	"	-	-	25,7	22,5	3,2
2I. -"-	"	"	"	-	I0	44	44	0
22. -"-	-	-		-	25	65	-	-

x) Грунт при некотором подсушивании во времени изменил свои пластические свойства.

ствительна для грунтов, имеющих коэффициент пористости от I,I до 4,0.

Коэффициент пористости с коэффициентом уплотнения a этих грунтов связан степенной зависимостью:

$$a_{0,025-0,1\ \text{МПа}} = 0,137+0,116^{0,472e_0} \quad (4.6) \qquad r = 0,85;$$

$$\delta_a = \pm 0,0118\ \text{МПа}^{-1}.$$

Степенной функцией описывается зависимость между модулем деформации и количеством гумуса.

На основе корреляционного анализа выявлены средние величины характеристик пластичности, плотности, сжимаемости и прочности (С) для глинистых грунтов с содержанием гумуса от 2 до I6% (табл.4.2). Эти характеристики могут быть использованы в начальной стадии проектирования для оценки глинистых гумусированных грунтов малой степени литификации.

4.5. При проектировании оснований и оценке строительных свойств гумусированных и заторфованных грунтов малой степени литификации рекомендуется учитывать, что: а) коэффициент пористости от давления (компрессионная зависимость) изменяется по экспоненциальному закону типа:

$$e_н = e_к + b\,exp(a\sigma),$$

где $e_к$, b и a параметры уравнения, σ – давление, МПа. Параметры уравнения зависят от номенклатурного вида грунта, от плотности грунта и количества органики; б) фильтрация практически подчиняется закону Дарси, начальный градиент изменяется для различных образцов в пределах I–I,5. Коэффициент фильтрации существенно изменяется при уплотнении грунта под нагрузкой. Зависимости между коэффициентами пористости и фильтрации для грунтов одного состава описываются экспонентами типа

$$K_ф = K_1\,exp(K_2 e_n). \qquad (4.7)$$

С увеличением количества гумуса коэффициент фильтрации уменьшается. Механические включения растительных остатков в глинистых грунтах увеличивают коэффициент фильтрации.

4.6. Для расчета времени консолидации грунта под нагрузкой необходимо знать коэффициент консолидации C_v. Коэффициент фильтрационной консолидации C_v зависят от состава грунта, от коэффи-

Таблица 4.2

Средние значения физико-механических свойств гумусированных пылевато-глинистых грунтов

Содержание гумуса, %	Пластичность, %			Плотность частиц ρ_s, г/см³	Плотность ρ, г/см³	Плотность сухого грунта ρ_d, г/см³	Коэффициент пористости e	Модуль деформации E, МПа	Сцепление C, МПа	Показатель текучести J_L
	W_L	W_p	J_p							
2-3	49	33	I6	2,67	I,65	I,07	I,35	2,48		
3,I-4	58	37	2I	2,63	I,60	I,00	I,50	I,70		
4,I-5	65	4I	24	2,58	I,57	0,95	I,65	I,52	0,0I5	I,0
5,I-6	74	45	29	2,55	I,53	0,90	I,85	I,22		
6,I-7	82	49	33	2,53	I,5I	0,85	2,00	I,04		
7,I-8	90	53	37	2,50	I,48	0,80	2,20	0,54	0,0I7	0,95
8,I-9	98	56	42	2,48	I,45	0,75	2,35	0,48		
9,I-I0	I07	60	47	2,46	I,40	0,70	2,50	0,50	0,0I9	0,85
I0,I-I2	II9	66	53	2,43	I,35	0,65	2,88	0,4I		
I2,I-I4	I35	74	6I	2,40	I,30	0,60	3,I5	0,36	0,020	0,80
I4,I-I6	I60	85	75	2,38	I,25	0,55	3,65	0,3I	0,024	0,70

циента пористости. Для пылевато-глинистых гумусированных грунтов зависимости коэффициента фильтрационной консолидации от коэффициента пористости описываются экспоненциальными уравнениями типа

$$C_v = K_3 \exp(K_4 e_n), \qquad (4.8)$$

Определять коэффициенты консолидации рекомендуется при нагрузках на образец, равных проектным. Рекомендуется при предпостроечной консолидации грунта для сокращения сроков его уплотнения применять перегрузку грунта, т.е. давать нагрузки больше предполагаемых проектных:

4.7. Рекомендуется для систематизации материалов исследования строительных свойств грунтов малой степени литификации с содержанием органических веществ и для ориентировочной оценки их на первой стадии проектирования использовать схему строительной классификации грунтов, приведенную в табл.4.3 а,б,в. В таблице представлены: группы грунтов по степени литификации,пылевато-глинистые грунты предельно малой (скрыто-текучая консистенция) и малой степени литификации (пластичная консистенция). Генетические типы отложений: континентальные (аллювиальные,, болотные, озерные), лагунные, морские. Подклассы:

I. Пылевато-глинистые гумусированные грунты;

II. Пылевато-глинистые грунты с примесью растительных остатков;

III. Пылевато-глинистые заторфованные грунты.

Список литературы

I. Булычев Б.Г. Теория газонасыщенных грунтов. Стройвоенморизат, М., 1948.

2. Инструкция по определению структурной связности пластичных глинистых грунтов. Министерство строительства предприятий машиностроения, 1950.

3. Рекомендации по методике испытаний сильносжимаемых грунтов в основаниях нефтепромысловых резервуаров. М.,НИИОСП, 1987.

4. Тейлор Д.Б. Основы механики грунтов (перев. с англ.). Госстройиздат, 1960.

Таблица 4.3а

Схема строительной классификации глинистых гумусированных и заторфованных грунтов преимущественно малой и малой степени литификации

| Подкласс I | Пылевато-глинистые гумусированные грунты | | |

Таблица 4.3.6

Подкласс II	Пылевато-глинистые грунты с примесью растительных остатков				
Виды	Супесь и ил супесчаный	Суглинок и ил суглинистый		Глина и ил глинистый	
Количество растительных остатков γ_{or}, доли ед.	0,I0	0,05	0,08	0,I0	0,I0
Степень разложения органического вещества D_{pd}, %	растительные	остатки		I5	растительные остатки
Количество гумуса, доли ед.	0,0I	0,0I5	0,0I5	0,0I5	0,025
Полная влагоемкость W_g, %	40	48	53	46	82
Характеристики скелета: W_L, %		42	50	5I	83
W_P, %		29	33	36	5I
ρ_s, г/см^3		2,47	2,47	2,47	2,50
Характеристики плотности:					
W, %		44	52	45	8I
ρ, г/см^3		I,6I	I,63	I,68	I,48
ρ_d, г/см^3		I,I2	I,07	I,I6	0,82
Число пластичности γ_p, %		I3	I7	I5	32
Показатель текучести γ_L		$<$ I,25	$<$I,I5	$<$0,50	0,85
Коэффициент пористости e		I,I5–I,0	I,40–I,20	I,060	2,050
Структурная связность $1-\beta$		0,56	0,33	0,I2	0,I8
Модуль деформации E, МПа		I6	I9		
Коэффициент фильтрации $K\varphi$ = I,I0^{-6} см/с		I8–I,8	7–2,6		
Коэффициент консолидации C_v IxI0^4 см^2/год		I5–4$^{x)}$	7,2–2,5$^{x)}$		
Сцепление C, МПа				0,0I9	0,0I4
Угол внутреннего трения φ, град				I2	I0

x) Ступень нагрузки – 0,025–0,05 МПа сверх

Таблица 4.3.в

Подкласс III	Пылевато-глинистые заторфованные грунты		
Виды	Глина		
Разновидности по степени заторфованности (доли единиц)	Слабая	Средняя	Сильная
	$0,10 < \gamma_{or} \leqslant 0,25$	$0,25 < \gamma_{or} \leqslant 0,40$	$0,40 < \gamma_{or} \leqslant 0,50$
Степень разложения органического вещества D_{pl}, %		65	
Количество гумуса в долях единиц	0,06–0,07	–	0,15–0,16
Полная влагоемкость W_b, %	61	100	148
Характеристики скелета: W_L, %	59	146	187
W_p, %	35	89	114
ρ_s, г/см³	2,59	2,29	2,25
Характеристики плотности W, %	58	104	145
ρ, г/см³	1,59	1,42	1,29
ρ_d, г/см³	1,00	0,70	0,52
Число пластичности J_p, %	24–40	32–79	
Структурная связность $1-\beta$	0,49	0,52	0,44
Коэффициент пористости e	1,5–2,0	2–3	2,0–2,5	2,5–3,5
Показатель текучести J_L, %	0,75–1,0	1–2	0,25–1,0	0,25–1,0
Модуль деформации E, МПа	0,7	0,6	0,45	0,65–0,55
Коэффициент фильтрации K_φ 1×10^{-6} см/с	5	13	1–2	0,1–2,5
Коэффициент консолидации C_v 1×10^{-4}, см²/год	6–11	11–14	1,5–3	1–6
Сцепление C, МПа	0,025	–	–	0,032–0,016
Угол внутреннего трения φ, град	–	–	–	

Содержание

I. Общие положения 3
2. Номенклатура грунтов 6
3. Методы исследования глинистых гумусированных и заторфованных грунтов 7
4. Свойства глинистых гумусированных и заторфованных грунтов и рекомендации по учету органических примесей при проектировании и строительстве 23
Список литературы 28

Рекомендации по учету органических веществ в глинистых грунтах при проектировании оснований

Отдел патентных исследований и научно-технической информации
Зав.отделом Б.И.Кулачкин
Редактор Т.А.Печенова

Подп. в печать 25.03.88г. Заказ 581
Формат 60x90 1/16. Бумага офсетная. Усл.-печ.л. 2,52.
Усл. кр-отт. 2.68. Тираж 300 экз. Цена 35 коп.

Производственные экспериментальные мастерские ВНИИИСа Госстроя СССР, 121471, Москва, Можайское шоссе, 25.

gost.e-ecolog.ru