

С С С Р  
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
ГЛАВТРАНСПРОЕКТ  
СОКЗДОРИПРОЕКТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
по сбору инженерно-геологической информации  
и использованию табличных геотехнических  
данных при проектировании земляного полотна  
автомобильных дорог

Москва, 1981 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В Методических рекомендациях приведены краткие указания по получению исходной инженерно-геологической информации, необходимой для проектирования земляного полотна автомобильных дорог.

Приведенные в "Рекомендациях" табличные данные могут быть использованы для ориентировочных расчетов при предварительной оценке устойчивости земляного полотна.

Рекомендации составлены главным специалистом дорожного отдела ГПИ "Совздорпроект" к.т.н.Браславским В.Д. и главным специалистом технического отдела Смирновым В.С.

Замечания, возникшие при пользовании работой просим направлять по адресу Москва, Ж-89, наб.Мориса Тореза, д.34, Совздорпроект.

Начальник технического отдела  
ГПИ "Совздорпроект"

К.М.Ротштейн

## Г. Общие указания

Для проектирования земляного полотна автомобильной дороги надо знать:

1. Климатическую дорожную зону;
2. Расчетную высоту снегового покрова;
3. Тип местности по характеру увлажнения;
4. Состав и свойства грунтов:
  - а/ основания земляного полотна,
  - б/ откосов выемок,
  - в/ резервов.
5. Расчетный уровень грунтовых вод;
6. Крутизну естественных склонов и устойчивых искусственных откосов.

Климатическую зону и тип местности по характеру увлажнения устанавливают по СН-449-72 /"Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог"/ в соответствии с данными полевых изыскательских работ.

Прочие данные выдаются геологам на основании обработки материалов инженерно-геологических изысканий, которые выполняются в соответствии с "Методическими указаниями по инженерно-геологическим изысканиям автомобильных дорог" /Союздорпроект, 1979г./.

При этом необходимо учитывать следующее:

проектирование земляного полотна в соответствии с СНиП П-Д.5-72 может быть двух видов:

- а/ использование решений по типовым проектам - при благоприятных инженерно-геологических условиях, высоте насыпей и глубине выемок менее 12-ти метров;
- б/ индивидуальное проектирование - во всех других случаях.

Наиболее широко применяется проектирование по типовым проектам, поскольку трассирование автомобильных дорог предусматривает их проложение по возможно более прочным грунтам с минимальным объемом земляных работ. При подобном проектировании нет необходимости в выполнении расчетов определяющих параметры земляного полотна и обосновывающие специальные мероприятия по обеспечению его устойчивости, поэтому целью отбора образцов является получение таких характеристик грунтов, которых было бы достаточно:

а/ для отнесения грунтов к тому или иному виду в соответствии с действующими нормативными документами;

б/ для суждения о естественной и оптимальной влажности и плотности грунтов, применяемых для возведения насыпей и слагающих дно выемок.

Для решения первой задачи достаточно знать гранулометрический состав грунта и число пластичности, для решения второй задачи, кроме этого, нужны данные о естественной и оптимальной влажности и плотности.

Кроме этого для песчаных грунтов определяют коэффициент фильтрации, необходимый для суждения о их дренирующих свойствах.

Особое внимание должно уделяться местам индивидуального проектирования земляного полотна.

Индивидуальное проектирование земляного полотна осуществляется для насыпей и выемок, высота и глубина которых превышает 1,2 метров, а также в тех случаях когда устойчивость земляного полотна вызывает сомнение из-за неблагоприятных инженерно-геологических условий /например - слабые основания насыпей, мокрые выемки, оползневые склоны и др./.

При этом решается задача обеспечения устойчивости:

а/ основания земляного полотна;

б/ откосов насыпей;

в/ откосов выемок;

г/ естественных склонов.

Для решения этих задач кроме показателей состава и состояния грунтов, нужно иметь данные о сопротивлении грунтов сдвигу, а для расчета устойчивости основания кроме этого компрессионные и консолидационные характеристики.

## 2. Глинистые и песчаные грунты

При предварительных /предпроектных/ проработках в случае отсутствия или недостаточного количества лабораторных данных для получения характеристик физических свойств глинистых и песчаных грунтов могут быть использованы данные, помещенные в таблицах 1-7.

В таблице 1 приведена математическая зависимость между физическими свойствами грунтов, которая может быть использована для получения недостающих при расчете данных по величине объемного и удельного веса, пористости и влажности.

Значения удельного веса наиболее распространенных грунтов могут быть взяты также из таблицы 2.

Нужная для подсчета осадки величины модуля деформации для обычных грунтов может быть получена из таблиц 3 и 4, где она дана в зависимости от коэффициента пористости песчаных грунтов, коэффициента пористости и показателя консистенции глинистых грунтов.

Математическая зависимость физико-механических свойств грунта.

Таблица 1.

№ пп	Обозначения	Удельный вес $\gamma$ /см <sup>3</sup>	Объемн. вес $\gamma_w$ /см <sup>3</sup>	Объемн. вес скелета $\gamma_{ск}$ /см <sup>3</sup>	Пористость	Коэффициент пористости	Влажность	Полная влажность	Объемн. влажность	Объем скелета грунта	Коэффициент водонасыщен.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	$\gamma_0$	$\gamma_0$	$\frac{\gamma_w}{(1+v)/(1-n)}$	$\frac{\gamma_{ск}}{1-n}$	$\frac{\gamma_{ск}}{1-n}$	$\gamma_{ск}(1+\varepsilon)$	$\frac{G\varepsilon}{W}$	$\frac{\varepsilon}{W_0}$	$\frac{W_v}{W}(1+\varepsilon)$	$\frac{\gamma_{ск}}{m}$	$\frac{Gn}{W(1-n)}$
2	$\gamma_w$	$\gamma_0(1-n)/(1+W)$	$\gamma_w$	$\gamma_{ск}(1+W)$	$\gamma_0(1-n)/(1+W)$	$\frac{\gamma_0(1+W)}{1+\varepsilon}$	$\frac{Gn(1+W)}{W}$	$\frac{n(1+W_0)}{W_0}$	$\frac{W_v(1+W)}{W}$	$\frac{\gamma_{ск}(1+W)}{m(1+\varepsilon)}$	$\frac{G(1-m)}{Wm}$
3	$\gamma_{ск}$	$\gamma_0(1-n)$	$\frac{\gamma_w}{1+W}$	$\gamma_{ск}$	$\gamma_0(1-n)$	$\frac{\gamma_0}{1+\varepsilon}$	$\frac{\gamma_w}{1+W}$	$\frac{n}{W_0}$	$\frac{W_v}{W}$	$m\gamma_0$	$\frac{mG\varepsilon}{W}$
4	$n$	$\frac{\gamma_0 - \gamma_{ск}}{\gamma_0}$	$1 - \frac{\gamma_w}{\gamma_0(1+W)}$	$\frac{\gamma_0 - \gamma_{ск}}{\gamma_0}$	$n$	$\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon}$	$1 - \frac{\gamma_w}{\gamma_0(1+W)}$	$\gamma_{ск}W_0$	$\frac{W_v}{G}$	$1-m$	$\frac{W_v}{G}$
5	$\varepsilon$	$\frac{\gamma_0 - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}}$	$\frac{\gamma_0(1+W)}{\gamma_w}$	$\frac{\gamma_0 - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}}$	$\frac{n}{1-n}$	$\varepsilon$	$\frac{\gamma_0(1+W)}{\gamma_w}$	$\gamma_{ск}W_0$	$\frac{W_v}{G - W_v}$	$\frac{1-m}{m}$	$\frac{W_v}{G - W_v}$
6	$W$	$\frac{\gamma_w}{\gamma_0(1-n)} - 1$	$\frac{\gamma_w - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}}$	$\frac{\gamma_w - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}}$	$\frac{\gamma_w - \gamma_0(1-n)}{\gamma_0(1-n)}$	$\frac{\gamma_w(1+\varepsilon)}{\gamma_0}$	$W$	$\frac{n}{\gamma_{ск}}$	$\frac{W_v}{\gamma_{ск}}$	$\frac{\gamma_w - m\gamma_0}{m\gamma_0}$	$\frac{Gn}{\gamma_{ск}}$
7	$W_0$	$\frac{1}{\gamma_{ск}} - \frac{1}{\gamma_0}$	$\frac{1+W}{\gamma_w} - \frac{1}{\gamma_0}$	$\frac{n}{\gamma_{ск}}$	$\frac{n}{\gamma_{ск}}$	$\frac{\varepsilon}{\gamma_0}$	$W_0$	$W_0$	$\frac{W_v}{\gamma_{ск}}$	$\frac{1}{m\gamma_0} - \frac{1}{\gamma_0}$	$\frac{n}{\gamma_{ск}}$
8	$W_v$	$W\gamma_0(1-n)$	$\frac{W\gamma_w}{1+W}$	$W\gamma_{ск}$	$Gn$	$\frac{W\gamma_0}{1+\varepsilon}$	$W\gamma_{ск}$	$W_0\gamma_{ск}$	$W_v$	$Wm\gamma_0$	$Gn$
9	$m$	$\frac{\gamma_{ск}}{\gamma_0}$	$\frac{\gamma_w}{\gamma_0(1+W)}$	$\frac{\gamma_{ск}}{\gamma_0}$	$1-n$	$\frac{1}{1+\varepsilon}$	$\frac{\gamma_w}{\gamma_0(1+W)}$	$\frac{1}{1+W_0\gamma_0}$	$1 - \frac{W_v}{G}$	$m$	$1 - \frac{W_v}{G}$
10	$G$	$\frac{W\gamma_0}{\varepsilon}$	$\frac{W\gamma_w}{n(1+W)}$	$\frac{W\gamma_{ск}}{n}$	$\frac{W\gamma_{ск}}{n}$	$\frac{W\gamma_0}{\varepsilon}$	$\frac{W\gamma_0}{\varepsilon}$	$\frac{W_0\gamma_0}{\varepsilon}$	$\frac{W_v}{1+\varepsilon}$	$\frac{Wm\gamma_0}{n}$	$G$

**Удельный вес грунтов /справочник инженера-дорожника**

1979г./

Таблица 2

Грунты	Удельный вес грунта $\gamma$ г/см <sup>3</sup>
Пески	2,65 - 2,67
Супеси	2,68 - 2,72
Суглинки	2,58 - 2,73
Меженные <b>покровные</b>	2,69 - 2,73
Глины	2,71 - 2,76
Лесс	2,68 - 2,70

Нормативные значения модулей деформации  $E$ ,  
кгс/см<sup>2</sup>, песчаных грунтов /СНиП II-15-74/

Таблица 3

Виды песчаных грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости $e$ равным			
	0,45	0,55	0,65	0,75
Пески гравелистые и крупные	500	400	300	-
Пески средней крупности	500	400	300	-
Пески мелкие	480	380	280	180
Пески пылеватые	390	230	180	110

Нормативные значения модулей деформации глинистых грунтов /СНиП II-15-74/

Таблица 4

Происхождение и возраст глинистых грунтов		Виды глинистых грунтов и пределы их консистенции		Модуль деформации грунтов E кг/см <sup>2</sup> для коэффициента пористости e равных											
				0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,2	1,4	1,6	
Четвер- тичные отло- жения	Аллювиальные Наполювиальные Озерные Озерно-аллювиальные	Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,75$	-	320	240	150	100	70	-	-	-	-	-	
			Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	-	340	270	220	170	140	110	-	-	-	-
				$0,25 < I_L \leq 0,5$	-	320	250	150	140	110	80	-	-	-	-
				$0,5 < I_L \leq 0,75$	-	-	-	170	120	80	60	50	-	-	-
		Глины		$0 \leq I_L \leq 0,25$	-	-	280	240	210	150	150	120	-	-	-
			$0,25 < I_L \leq 0,5$	-	-	-	210	180	150	120	90	-	-	-	
			$0,5 < I_L \leq 0,75$	-	-	-	-	130	120	90	70	-	-	-	
			Олигоцен-палеогеновые	Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,75$	-	320	240	170	110	70	-	-	-	-
	Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$			-	400	330	270	210	-	-	-	-	-	-
		$0,25 < I_L \leq 0,5$			-	350	220	220	170	140	-	-	-	-	-
		$0,5 < I_L \leq 0,75$			-	-	-	170	130	100	70	-	-	-	-
		Морские		Супеси Суглинки	$I_L \leq 0,5$	750	550	450	-	-	-	-	-	-	-
Трещинные отложения оксфордского яруса	Глины	$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	-	-	-	-	-	-	270	250	230	-	-		
		$0 < I_L \leq 0,25$	-	-	-	-	-	-	240	220	190	150	-		
		$0,25 < I_L \leq 0,5$	-	-	-	-	-	-	-	-	100	130	100		



Необходимыми параметрами при расчетах устойчивости земляного полотна являются значения угла внутреннего трения /  $\varphi$  / и сцепления /  $c$  /. Нормативные значения этих величин для обычных глинистых грунтов в зависимости от коэффициента пористости и показателя консистенции могут быть взяты из таблицы 6, для песчаных грунтов в зависимости от их пористости из таблицы 5 и намываемых песчаных и гравийных грунтов в зависимости от объемного веса из таблицы 7.

Нормативные значения удельных сцеплений /  $c_u$  кгс/см<sup>2</sup> / углов внутреннего трения /  $\varphi_u$  / для песчаных грунтов /СНиП II-15-74/

Таблица 5

Виды песчаных грунтов	Обозначения характеристик грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости, равным			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Пески гравелистые и крупные	$c_u$	0,02	0,01	—	—
	$\varphi_u$	40°	40°	38°	—
Пески средней крупности	$c_u$	0,03	0,02	0,01	—
	$\varphi_u$	40°	38°	35°	—
Пески мелкие	$c_u$	0,06	0,04	0,02	—
	$\varphi_u$	38	36°	32°	28°
Пески пылеватые	$c_u$	0,08	0,06	0,04	0,02
	$\varphi_u$	36°	34°	30°	26°

Нормативные значения удельных сцеплений  $C^H$  кгс/см<sup>2</sup> и углов внутреннего трения  $\varphi$ , град. глинистых грунтов четвертичных отложений

Таблица 6

Виды глинистых грунтов и их характеристики		Обозначения характеристик	Характеристики грунтов при коэффициентах пористости						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq J_L \leq 0,25$	$C^H$ $\varphi$	0,15 30°	0,11 29°	0,08 27°	-	-	-	-
	$0,25 \leq J_L \leq 0,75$	$C^H$ $\varphi_H$	0,13 28°	0,09 26°	0,06 24°	0,03 21°	-	-	-
Суглинки	$0 \leq J_L \leq 0,25$	$C^H$ $\varphi_H$	0,47 26°	0,37 25°	0,31 24°	0,25 23°	0,22 22°	0,19 20°	-
	$0,25 \leq J_L \leq 0,5$	$C^H$ $\varphi_H$	0,39 24°	0,34 23°	0,28 22°	0,23 21°	0,18 19°	0,15 17°	-
	$0,5 \leq J_L \leq 0,75$	$C^H$ $\varphi_H$	-	-	0,25 19°	0,20 18°	0,16 16°	0,14 14°	0,12 12°
Глины	$0 \leq J_L \leq 0,25$	$C^H$ $\varphi_H$	-	0,81 21°	0,68 20°	0,54 19°	0,47 18°	0,41 16°	0,36 14°
	$0,25 \leq J_L \leq 0,5$	$C^H$ $\varphi_H$	-	-	0,57 18°	0,50 17°	0,43 16°	0,37 14°	0,32 11°
	$0,5 \leq J_L \leq 0,75$	$C^H$ $\varphi_H$	-	-	0,45 15°	0,41 14°	0,36 12°	0,33 10°	0,29 7°

Характеристика песчаных грунтов в табл.5 относится к кварцевым пескам с зернами различной окатанности, содержащими не более 20% полевого шпата и не более 5% в сумме различных примесей /олюда, глауконит и т.д./, включая растительные остатки независимо от степени влажности.

Характеристики глинистых грунтов в табл.6 относятся к грунтам, содержащим не более 5% растительных остатков и имеющих степень влажности  $G \geq 0,8$ .

Расчетные значения физико-механических характеристик намываемых песчаных и гравийных грунтов/СНиП II-53-73/

Таблица 7

Грунт	Объемный вес скелета грунта $\gamma_s$ , т/м <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град.	Коэффициент фильтрации Кф, м/сут.
Песок пылеватый	I,4-I,5	24-28	0,5-5
Песок мелкий и средний	I,45-I,6	29-34	5-30
Песок крупный	I,55-I,65	30-34	15-35
Песок гравелистый	I,6-I,75	32-35	20-50
Гравийный /щебенистый/ грунт с содержанием песчаных фракций менее 30%	I,7-I,9	35-40	более 50

### 3. Слабые грунты

К слабым грунтам относятся связные грунты, сопротивляемость сдвигу которых определяемая в природном состоянии с помощью приборов лопастного сдвига /крыльчатка/, не превышает  $0,75 \text{ кг/см}^2$  или модуль осадки при нагрузке  $2,5 \text{ кг/см}^2$  оказывается более 50 мм /компрессионный модуль деформации  $E < 50 \text{ кГб м}^2/$ .

При статическом зондировании конусным наконечником к слабым относятся грунты с удельным сопротивлением менее  $0,85 \text{ кг/см}^2$ , при стандартном конусе, с углом раскрытия  $30^\circ$ .

К числу слабых могут относиться и обычные глинистые грунты различного генезиса и возраста, имеющие в природном состоянии повышенную влажность /показатель консистенции  $W_L \geq 0,5/$ .

В зависимости от состава, генезиса и состояния слабые грунты подразделяются на:

- группы по содержанию органических веществ
- виды по генезису;
- подвиды по особенностям состояния /плотности и влажности/.

Среди слабых грунтов наиболее широким распространением пользуется торф.

Значения показателей механических свойств торфяных грунтов можно установить по основным показателям состава и состояния по таблицам 8 и 9.

К слабым грунтам органо-минерального происхождения относятся сапропели, представляющие собой отложения на дне озер, образовавшиеся в результате отмирания растительных и животных организмов и оседания минеральных частиц, заносимых водой и ветром.

Механические свойства сапропелей зависят от их структурных особенностей, плотности и влажности в естественном залегании.

Значения показателей механических свойств сапропелевых грунтов можно установить, ориентировочно, по таблице 10.

Болотный мергель – рыхлая осадочная порода, образовавшаяся в озерно-болотных условиях при поступлении воды, содержащей в растворенном виде углекислый кальций, который выпадает в осадок при испарении воды. Мергель содержит 25-50% карбоната кальция. Остальная часть состоит из минеральных песчаных, глинистых, илистых частиц и растительных остатков.

В зависимости от величины природной влажности механические свойства болотного мергеля могут быть определены по таблице 11.

Илы – это глинистые грунты в начальной стадии формирования, образовавшиеся в виде структурного осадка в воде при наличии микробиологических процессов и имеющие в природном сложении влажность, превышающую влажность на границе текучести и коэффициент пористости больше 0,9 для супесей, 1,0 для суглинков и 1,5 для глин.

Механические свойства илов определяются в основном их составом и состоянием. Поэтому ориентировочные значения физико-механических характеристик для илов можно устанавливать независимо от их вида, учитывая только их состав и состояние по таблице 12.

**Физико-механические свойства торфяных грунтов**  
**/Руководство по проектированию земляного полотна автомобильных дорог**  
**на слабых грунтах", Союздорнии, 1972г./**

Таблица 8

Разновидность		В и д		Под- ручка	Сопротивляемость сдвигу по кривой сжатия Сусл. кгс/см <sup>2</sup>		Сжимаемость			
Наименование	Природная влажность W	Степень разложения	Степень волокни- стости, Ф		в природном залегании	после уплотне- ния под Р Р=0,5 кгс/см <sup>2</sup>	Модуль деформации E, кгс/см <sup>2</sup> при нагрузке Р		Модуль осадки С, мм/м при нагрузке Р кгс/см <sup>2</sup>	
							0,5	1,0	0,5	1,0
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Осушенный /или уплотненный/	< 300	< 25	75	мЗ	0,49	2,50	> 2,5	> 3,3	200	300
		25-40	75-60	сЗ	0,42	1,72				
				мЗ	0,30	1,25				
				сЗ	0,33	1,05				
	> 40			< 60	мЗ	0,19				
		сЗ	0,26		0,73					
	Маловлажный	< 25	> 75	мЗ	0,49-0,26	2,5-1,36	2,5-1,5	3,3-2,3	200-350	300-430
		25-40	75-60	сЗ	0,42-0,22	1,72-0,50				
мЗ				0,33-0,17	1,25-0,60					
> 40		< 60	сЗ	0,33-0,16	1,05-0,56					
			мЗ	0,19-0,08	0,80-0,36					
сЗ		0,26-0,13	0,73-0,36							
Средней влаж- ности	600-900	< 25	> 75	мЗ	0,26-0,16	1,36-0,87				
				сЗ	0,22-0,16	0,90-0,66				
				мЗ	0,17-0,10	0,60-0,42				

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очень влажный	90-1200	25-40	75-60	c3	0,16-0,11	0,56-0,35	1,5-1,1	2,3-1,90	350-450	420-530
		> 40	< 60	к3	0,08-0,05	0,36-0,21			250-400	370-500
				c3	0,13-0,08	0,36-0,22				
		< 25	> 75	к3	0,16-0,11	0,87-0,62				
				c3	0,16-0,11	0,62-0,46				
		25-40	75-60	к3	0,10-0,06	0,42-0,28	1,1-0,90	1,90-1,70	450-550	530-600
				c3	-	-			/400-470/	/500-570/
		> 40	< 60	к3	0,05-0,03	0,21-0,15				
Малоочень-влажный				c3	-	-				
		< 25	> 75	к3	0,11-0,07	0,62-0,38				
				c3	0,11-0,06	0,46-0,20				
		25-40	75-60	к3	-	-	0,90-0,85	1,70-1,50	550-600	600-650
				c3	-	-			/470-500/	/550-570/
		> 40	< 60	к3	-	-				
				c3	-	-				

Углы внутреннего трения и сцепление в торфах естественной структуры

Таблица 9

/Справочник инженера-дорожника/

Вид торфа	Степень разложе- ности	Золь- ность	$\varphi^\circ$	$C, \text{кг/см}^2$
Гипново-тростниковый	47	13	19	0,57
"    "	77	11	10	0,43
Древесный	77	14	17°30'	0,59
"    "	55	2	20	0,27
Древесно-осоковый	60	22	15	0,32
Осоковый	80	11	28	0,25
Осоково-древесный	85	11	25	0,29
Сфагново-моховой	30	3	22	0,10
Тростниковый	40	9	20°30'	0,50
Тростно-древесный	70	17	14	0,78



Физико-механические свойства сапропелевых грунтов  
/Руководство по проектированию земляного полотна автомобильных  
дорог на слабых грунтах, Сорздорник, 1978 г./

Таблица 10

Г р у п п а				Сопротивляемость сдвигу по крыльчатке кгс/см <sup>2</sup>		Сжимаемость	
Наименова- ние	Содержа- ние органических веществ, %	Наименова- ние	Природная влажность w, %	в природном залегании	после уплот- нения нагруз- кой P=0,5 кгс/см <sup>2</sup>	модуль дефор- мации E, кгс/см <sup>2</sup> при нагрузке 0,5 кг/см <sup>2</sup>	модуль осадки мм/м при нагрузке P=0,5 кгс/см <sup>2</sup>
I	2	3	4	5	6	7	8
Органиче- ский	> 60 /≥ 40%/	Маловлажные	< 350	> 0,1	> 0,15	> 3,0	< 150
		средней влаж- ности, силь- но влажный	350-600	0,14-0,09	0,21-0,14	3,0-1,0	150-400
			600-1200	0,17-0,06	0,25-0,09	< 1,0	> 400
		Избыточно- влажный /жидкий/	> 1200	< 0,01	< 0,03	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
Органо-минеральный	10-60	Маловлажный	< 150	> 0,15	> 0,23	> 5,0	< 100
	/40<Z<90/	Средней влажности	150-400	0,17-0,09	0,25-0,14	5,0-2,0	100-250
		Сильно влажный	400-900	0,12-0,06	0,18-0,09	< 2,0	> 250
		Избыточно влажный	> 900	< 0,01	< 0,03	-	-

8/

Примечание: Величины показателей механических свойств внутри разновидности при промежуточных значениях влажности определяются интерполяцией.

Физико-механические свойства болотного мергеля

Таблица II

Разновидность		Содержание $\text{CaCO}_3, \%$	Сопротивляемость сдвигу по крыльчатке $C_{\text{ссл.}}$ кгс/см <sup>2</sup>		Сжимаемость	
Наименование	Влажность $W \%$		в природном состоянии	после уплот. под нагр. $P=0,5 \text{ кгс/см}^2$	Модуль дефор- мации $E$ при нагр. $P=0,5 \text{ кгс/см}^2$	Модуль осад- ки при $P=0,5 \text{ кгс/см}^2$
Маловлажный	< 100	25-50	> 0,2	> 0,3	> 1,25	< 400
Средней влаж- ности	100-300		0,2-0,1	0,3-0,15	< 1,25	> 400
Очень влажный	> 300		< 0,1	< 0,15	-	-

Физико-механические свойства глистых грунтов /по Соподорским/

Таблица 12

Вид грунта	Число испытаний	Сопротивляемость сдвигу по горизонтальной плоскости кгс/см <sup>2</sup> $C_{\text{сд}}$						Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> $E$			
		при коэффициенте консистенции $W$									
		0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	0,75-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3
Суглинок	3-5	0,4-0,35	0,35-0,26	0,26-0,21	0,21-0,18	0,18-0,17	46-44	44-39	39-36	36-33	33-31
							42-40	40-36	36-33	33-31	31-29
Суглинок	< II						16-14	14-12	12-11	11-10,5	10,5-10
	12-13	0,3-0,27	0,27-0,22	0,22-0,17	0,17-0,13	0,13-0,11	19-16	16-13	13-12	12-10,5	10,5-9,5
							26-23	23-18	18-14	14-11	11-8
	> 14						50-40	40-25	25-18	18-11	11-6
Глинистый	≤ 26	0,14-0,13	0,13-0,11	0,11-0,09	0,09-0,08	-	13-12	12-9	9-5	5-3	-
	30	0,2-0,16	0,16-0,12	0,12-0,1	-	-	14-8	8-5	5-3,5	3,5-3	-
	35	0,3-0,21	0,21-0,08	0,08-0,02	-	-	10-6,5	6,6-4	4-3,2	3,2-3	-
	≥ 45	0,32-0,24	0,24-0,14	0,14-0,12	-	-	4,5-4	4-3,5	3,5-3	3-2,5	-

Особую разновидность минеральных слабых грунтов представляют собой грунты мокрых солончаков.

Основные характеристики механических свойств мокрых солончаков при одном и том же составе, отражаемом числом пластичности хорошо увязываются с показателем консистенции. Независимо от содержания солей грунты мокрых солончаков делятся на пять разновидностей.

Механические характеристики грунтов мокрых солончаков можно устанавливать по таблице 13.

Таблица 13

Разновидность мокрых солонча- ков /по показа- телю консистен- ции/	Вид грунтов мокрых со- лончаков/по пластичнос- ти/	Сцепление $C$ , кг/см <sup>2</sup>	Угол внут- реннего трения град.	Модуль деформа- ции $E$ - при $P=$ 0,5кг/см <sup>2</sup>
I/0,5-0,75/	супесчаный суглинистый	0,7-0,4 0,4-0,25	35-25 25-17	46-32 25-16
II/0,75-1,0/	супесчаный суглинистый	0,4-0,2 0,25-0,15	25-18 17-13	32-25 16-13
III /1-1,5/	супесчаный суглинистый	0,2-0,1 0,15-0,05	13-7 10-8	13-9 19-16
IV /1,5-2/	супесчаный суглинистый	0,1-0 0,05-0	10-8 7-5	19-16 9-8
V / 2 /	супесчаный суглинистый	0 0	8 5	16 8

К супесчаному относить грунты при  $I \leq W_n < 7$ ,

к суглинистому -при  $7 \leq W_n < 17$ .

К переувлажненным глинистым грунтам относятся грунты, имеющие влажность соответствующую мягкопластичной консистенции  $W > 0,5/$  и выше.

Ориентировочные значения механических характеристик переувлажненных грунтов помещены в таблице I4.

Таблица I4

Разновидность грунта Наименование	Показатель консистенции	Вид /по пластичности/	Показатели механических свойств			Объемный вес влажного грунта, $\gamma_w$ т/м3
			сцепление С кг/см2	угол внутреннего трения, $\varphi$ град.	модуль деформаций, Е кгс/см2	
Мягкопластичный	0,5-0,75	супесь	0,05	20	380	1,90
		суглинок	0,15	17	190	1,90
		глина	0,20	14	20	1,95
Текучепластичный	0,75-1,0	супесь	0,02	до 13	190	1,85
		суглинок	0,10	13	125	1,85
		глина	0,10	8	30	1,90
Текучий	1,0	супесь	0,00	14	125	1,85
		суглинок	0,05	10	60	1,80
		глина	0,05	6	30	1,80

Примечание. к супеси относятся грунты при  $I \leq W_n < 7$ , к суглинку при  $7 \leq W_n < 17$ , к глине при  $W_n > 17$  /  $W_n$  -число пластичности/.

#### 4. Скальные грунты

В разделе представлены числовые значения показателей физико-механических свойств скальных грунтов. К ним относятся показатели сопротивляемости сдвигу, величин сцепления, удельные и объемные веса. Величины этих показателей зависят от происхождения минералогического и петрографического составов скальных грунтов степени их трещиноватости и выветрелости.

Сложность определения различных показателей физико-механических свойств скальных грунтов в лабораторных и полевых условиях часто затрудняет получение этих данных своевременно и в достаточном объеме. В таких случаях можно для ориентировочных расчетов использовать данные, помещенные в таблицах I5-I8.

Значения механической прочности некоторых магматических и осадочных сцементированных пород в сухом и водонасыщенном состоянии /по Ф.П.Саваренскому, 1946г./

Таблица I5

№ п/п	Наименование пород	Предел прочности в кг/см <sup>2</sup>	
		в сухом состоянии	в насыщенном водой
1	Базальт /волгинский/	3158	2610
2	Граниты: кавказские	2280	2180
	уральские	1470	1330
3	Порфиры	1719	1573
4	Туфы и лавы Кавказа	800	650
5	Песчаники: Московский/нижний мел/	1850	1690
	Нижнее Поволжье/нижнетретичный/	520	470
6	Мергель /верхний карбон/	92	-
7	Глинистый мергель/верхний карбон/	25	-

Расчетные сопротивления основание из крупнообломочных  
грунтов

Таблица 16

№ п/п	Наименование грунта	R кг/см <sup>2</sup>
1	Щебенистый /галечниковый/ с песчаным заполнителем пор	6,0
2	Дресвяный /гравийный/ из обломков кристаллических пород	5,0
3	Дресвяный /гравийный/ из обломков осадочных пород	3,0

Значения углов трения при срезе монолитных образцов и  
сдвиге плитки по плитке или при повторном сдвиге срезанного  
образца /по данным Г.А.Фисенко, М.Н.Гольдштейна и др./.

Таблица 17

Сдвигаемое тело	Контртело	Угол трения при сдвиге плитки по плитке, или по трещине или повторный сдвиг град			Угол трения при срезе град
		Поверхность сдвига			
		гладкая	шероховатая		
I	2	3	4	5	6
Гранит	Гранит	34	33	32	-
Гранит биотитовый	Гранит биотитовый	26,5 /19-31/	49	-	-
Сиениты и порфиры	Сиениты и порфиры	-	22-31	-	35
Сланцы хлоритовые зеленые	Сланцы хлоритовые	-	33	-	37



1	2	3	4	5	6
Сланцы филлитовые	Сланцы филлитовые	-	34	-	-
Сланец глинистый	Сланец глинистый	-	13	10	-
Известняк	Известняк	-	19-25	31-35	-
Известняк	Известняк	-	33	28	-
Известняк	Известняк	-	18-20	-	24-27
Мергель	Мергель	-	16	14	-
Песчаники	Песчаники	-	26-31	-	36
Алевролиты	Алевролиты	-	23-26	-	33
Аргиллиты	Аргиллиты	-	19-26	-	27-30
Серпентинит	Серпентинит /свежая плитка/	-	27,5-29 до 14,5	-	-
То же	То же/повторный сдвиг/	-	15,5	-	-
Бетон	Серпентинит	-	33	-	-
Бетон	Бентонитовая глина	-	23	-	33
Бетон	Бетон	-	28-33	17-33	33

**Физико-механические свойства скальных пород**

**Крепкие породы**

Таблица 18

Наименование гор- ных пород	Объем- ный вес $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Удель- ный вес $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Влаж- ность $w\%$	Сцепле- ние в образце $C$ , кг/см <sup>2</sup>	Угол внутрен- него трения $\varphi$ , град	Размер элемен- тарного блока, см
1	2	3	4	5	6	7
<b>Изверженные</b>						
Гранитоиды	2,62			425	36,5	
Кварцевые						
Порфиры	2,56	2,65	0,36	395	37	40
Снептиты	2,76		0,37	363	37	40
Гранодиориты	2,63	2,78	0,39	560	32	50
Порфириты	3,02		0,50	365	33	45
Габбро-диориты	2,70			373	35,5	
Габбро	3,11			300	36	
Габбро-диабазы	2,86			353	32	80
Диабазы	2,95			460	30	
Перидотиты	2,80			323	36	70
Нироксениты	3,23			350	35,5	
<b>Метаморфические и осадочные</b>						
Кварциты	2,64	2,84	0,50	350-700	36	50-70
Джеспилиты	3,43			360	36	40
Роговики	2,58			305	35	40
Роговики гидро- гематитовые	3,17			300	32	40
Сланцы кремнисто- глинистые	2,82		0,24	380	33,5	30

I	2	3	4	5	6	7
Сланцы кварцево-хлорито-серицитовые	2,73			210	33	30
Филлиты, туффиты	2,87			300	28	40
Серпентиниты	2,7-3,1		0,40	230-300	35	60-100
Скварны	2,75		0,28	587	31	40-50
Кварцевые песчаники	2,50	2,65	2,50	250	35	50-150
Известняки	2,70	2,77	0,14	220	33	30-100

# Породы средней крепости

Продолж.таблицы 18

Наименование гор- ных пород	Объем- ный вес $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Удель- ный вес $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Влаж- ность %,	Сцепле- ние в образце С кг/см <sup>2</sup>	Угол внут- ренне- го трения $\varphi$ , град	Размер элемен- тарного струк- турно- го бло- ка, см
Изверженные слабыветрелые						
Гранитоиды	2,56			220	36,5	30-50
Кварцевые порфиры	2,50	2,64	0,20	227	34	30-50
Сиениты, сиенито- диориты, диориты	2,50	2,66	1,00	205	32	30-50
Гранодиориты, гранодиоритпорфи- ры	2,57	2,75	1,05	285	36,5	50
Порфириты	3,00			260	37	
Габбро-дициты	3,00			210	36	
Габбро	2,83			275	35	
Габбро-диабазы	2,98			260	36,5	
Диабазы	2,75			200-260	36-37	
Сиениты				240	36	70
Изверженные выветрелые						
Сиениты-дициты				120	32	
Кератофиты				165	33	
Гранодиоритпор- фиры	2,40	2,74	0,90	180	36	30-50
Порфириты				170	31	
Габбро-дициты	2,66			180	36	
Диабазы				70	34	

# Породы средней крепости

Продолж.таблицы 18

Наименование гор- ных пород	Объем- ный вес $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Удель- ный вес $\delta$ , т/м <sup>3</sup>	Влаж- ность $\omega$ %	Сцепле- ние в образ- це С, кг/см <sup>2</sup>	Угол внутрен- него трения, $\varphi$ , град.	Размер элемен- тарного струк- турного блока, см
М е т а м о р ф и ч е с к и е						
Кварциты	2,61	2,78	0,40	165	34	50-70
Кварциты каолини- зированные	2,24	2,59	0,94	48	30	20-30
Сланцы песчано- глинистые	2,78			180	37	40
Сланцы хлористо- кварцевые и хло- ритовые	2,86			140	35	30
Филлиты				152	27	30
Тальковокарбонат- ная порода	2,89			115	30	
Магнетиты	4,32			190	34	20-30
Серпентиниты вы- ветрелые	2,50			84	34	20-30
Серпентиниты рас- сланцованные, сильно выветрелые	2,50			23	33	5,0-30

Породы средней крепости

Продолж. таблицы 18

Наименование горных пород	Объем- ный вес $\gamma$ т/м <sup>3</sup>	Удель- ный вес $\gamma_s$ т/м <sup>3</sup>	Влаж- ность W %	Сцепле- ние в образце C кг/см <sup>2</sup>	Угол внутрен- него тре- ния, $\varphi$ град.	Размер элемен- тарного струк- турного блока, см
Осадочные						
Известняки	2,44- 2,67	2,83	0,1-4,0	140- 165	27-32	30-80
Известняки вы- ветрелые	2,37	-	-	73	31	
Песчаники арко- зовые	2,26			175	38	
Песчаники гли- нистые	2,67	-	-	170	37	
Песчаники с кар- бонатным цемен- том	2,57	2,68	2,27	170	36	40
Песчаники с гли- нисто-железистым цементом	2,31	2,70	2,70	87	36	30
Песчаники	2,53	2,75		50-90	35	30-80
Алевролиты	2,51	2,72	4,00	35-70	33	35-70
Аргиллиты	2,45	2,80	8,00	40	29	20-55
Уголь	1,26- 1,58		5,00	28	36	3,0-60

# Породы слабые

Продолж. таблицы 18

Наименование горных пород	Объем- ный вес $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Удель- ный вес $\gamma_e$ , т/м <sup>3</sup>	Влаж- ность $W$ %	Сцепление в образце $C$ кг/см <sup>2</sup>	Угол внутрен- него трения $\varphi$ , град	Размер элемен- тарного структур- ного бло- ка, см
Сильновыветрелые						
Габбро-диоп- титы	2,40			14,3	36	
Сланцы	2,12		18,0	1,2-13,6	26-30	
Песчаники				7,6	36	
Диабазы	2,07		19,6	3,2	34	
Доломиты, сидериты	2,00		31,6	1,39	32	
Осадочные						
Песчаники	2,11	2,65	11,0	11,0	35	
Алевриты	2,13	2,48	20,0	3-17	31	
Аргиллиты	2,02	2,67	18,0	3-10	29	
Мел трично- ватый	1,90	2,64	31	1-40	35	

## 5. Лессы и лессовидные грунты

В соответствии с требованиями СНиП П-15-74 и СН 449-72 широко распространенные на территории СССР лессы и лессовые грунты относятся к просадочным.

К просадочным от замачивания грунтам следует относить грунты, имеющие  $G \leq 0,6$  и значение

$$\frac{E_0 - E_T}{1 + E_0} \geq 0,1$$

где:  $E_0$  — коэффициент пористости образца природного сложения и влажности;

$E_T$  — коэффициент пористости того же образца грунта при влажности на границе текучести,

$G$  — степень влажности.

Гранулометрический состав лессовых пород показан в таблице 19. Значения модуля деформации даны в таблице 20. Показатели физических свойств лессовых пород в различных районах СССР приведены в таблице 21. Средние значения показателей сопротивления сдвигу — в таблице 22. Табличные данные могут быть использованы для предварительных, ориентировочных расчетов.



Гранулометрический состав лессовых пород /средние  
данные по Ю.М.Абелеву, В.Ф.Краеву и т.д./

Таблица 19

Район	Содержание фракции, %		
	песчаных > 0,05	илеватитов 0,05- -0,002	глинистых /0,002/
Херсон	14-17	55-73	14-16
Запорожье	7-30	59-62	12-29
Юг Полесья	14	68	18
Киешское плато	22	66	12
Каневский р-н	30	59	11
Донбасс	20	64	16
Новосибирск	16	73	11
Предгорья Алтая	14-26	52-61	17-25
Томск	0,5-20	52-82	15-30
Лесобережье Чулыма	0,5-7	68-81	15-25
Кемерово	1-5	56-68	13-35
Иркутск	1-8	70-77	12-25

Средние значения модуля общей деформации лессовых  
пород по данным испытаниям пробными нагрузками  
/по В.М.Абелеву/

Таблица 20

Породы	Влажность $w \%$	Пористость $n \%$	Модуль об- щей деформа- ции, Е кг/см <sup>2</sup>
Лесс	10-17	47-48	225-300
Лессовидный суглинок	6-8	46-48	220-280
" "	8-14	47-49	190-220
" "	12-18	43-45	100-400
" "	22-25	40-45	100-240
" "	22-25	45-48	80-150
" "	25-30	40-45	70-130
" "	25-30	45-48	45-90

Обобщенные показатели физических свойств лёссовых суглинков из разных районов  
СССР /по Е.М.Алебеву, В.С.Быковой и др./

Таблица 21

Район	Естеств. влаж.	Плотность /г/см <sup>3</sup>		Пористость,	Коэффициент пористости	Предел		Число пластичности	
	W %	минер. части породы	породы скелеты породы			текучес-ти, W <sub>т</sub> %	пластичности, W <sub>п</sub> %		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тельская область	23	2,74	1,82	1,51	41	0,66	-	-	11
Липецкая область	19	2,70	1,79	1,50	44	0,77	-	-	14
Тамбовско-Воронежская область	20	2,71	1,80	1,50	45	0,82	-	-	15
Киевское плато	13	2,69	1,71	1,48	44	0,77	26	17	9
Кагал Северный Донец-Донбасс	20	2,75	1,90	1,57	43	0,73	41	23	18
Донбасс/Центральный и Вос- точный	19	2,71	1,82	1,59	44	0,77	37	22	15
Украинский кристаллический щит	16	2,66	1,59	1,47	42	0,70	31	18	13
Водораздел Днепр-Южный Буг	14	2,70	1,76	1,54	43	0,73	37	22	15
Приднестровская-Карпатская область	17	2,70	1,70	1,49	40	0,72	33	19	14

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Зайсанская равнина	I5	2,71	I,80	I,53	44	0,77	36	21	I5	
Эргени	I3	2,72	I,73	I,50	45	0,82	30	I9	II	
Приташкентский район	I4	2,73	I,47	I,28	52	-	-	-	-	
Тюхундустепский район	I5	2,73	I,47	-	46	-	-	-	-	
Предуралье	I9	2,68	I,83	I,54	42	0,73	30	I7	I3	
Рудный Алтай	I8	-	-	-	45	0,82	33	I8	I3	
Алтай	I5	2,64	I,65	-	41	0,70	30	I9	II	
Кузнецк	23	2,70- -2,75	I,80	I,45	42-50	0,72- -1,00	22-29	I6-I9	7-I4	
Новосибирск	I5-22	2,65- -2,75	I,66- -I,73	I,36- -I,42	46-49	0,85- -0,97	-	-	9-I5	
Иг-Красноярского края	I8	2,70	I,30- -I,30	-	38-60	-	30-31	22-23	8	
Иркутск-Черемхово	I3-23	2,69- -2,81	I,80- -I,88	-	43-61	0,76- -I,50	-	-	10-I8	

Среднее значение показателей сопротивления сдвигу  
л ссоных пород /из работы К.М.Абелера/

Таблица 22

Плотность скелета породы	Влажность W %	Угол внут- реннего трения $\varphi$	$t_g \varphi$	Сцепление C, кгс/см <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
I, 25-I, 27	4	39°30'	0,819	0,70
	7	33°50'	0,070	0,52
	15	31°20'	0,611	0,32
	19	30°10'	0,581	0,21
	24	26°20'	0,495	0,06
	28	26°00'	0,487	0,02
I, 36-I, 38	6	36°50'	0,74	0,80
	10	35°00'	0,70	0,65
	13	31°20'	0,61	0,46
	15	29°00'	0,55	0,35
	21	28°20'	0,54	0,20
	25	26°30'	0,50	0,10
	27	25°20'	0,47	0,05
I, 42-I, 44	7	34°10'	0,68	0,96
	12	28°50'	0,55	0,58
	16	28°30'	0,54	0,46
	18	28°20'	0,54	0,40
	22	27°00'	0,51	0,26
	23	26°30'	0,50	0,20
	26	25°50'	0,49	0,10

1	2	3	4	5
I, 48-I, 50	8	97°10'	0,75	1,57
	10	33°00'	0,65	1,20
	14	28°20'	0,54	0,80
	19	26°30'	0,50	0,52
	24	26°00'	0,49	0,20
I, 54-I, 55	14	36°10'	0,73	1,32
	18	34°30'	0,69	1,00
	22	31°20'	0,61	0,70
	24	26°10'	0,49	0,42
	26	25°40'	0,48	0,31
	27	25°10'	0,47	0,26

## 6. Водопроницаемость грунтов

Под водопроницаемостью или фильтрационной способностью грунтов подразумевается способность грунтов поглощать и пропускать через себя воду.

По степени водопроницаемости грунты можно разделять на три группы /по Ф.В.Саваренскому/:

1. Водопроницаемые – коэффициент фильтрации более 1 м/сутки.
2. Полупроницаемые – коэффициент фильтрации – 1-0,001 м/сутки.
3. Непроницаемые – коэффициент фильтрации менее 0,001 м/сутки.

В соответствии с СН 449-72 по степени водопроницаемости грунты разделяются на дренирующие, к которым относятся скальные и крупнообломочные грунты, пески гравелистые, крупные и средней крупности, а также пески мелкие, удовлетворяющие одному из следующих условий: содержание частиц размером меньше 0,1 мм должно быть не более 15%, в том числе размером менее 0,005 мм до 2% по весу, коэффициент фильтрации 0,5 м/сутки<sup>х/</sup>; недренирующие, к которым относятся глинистые грунты, а также пески мелкие, не удовлетворяющие вышеуказанным условиям.

Для расчетов дренажных устройств, проектируемых для осушения грунтов в естественном залегании, а также при притоке воды в отрытые котлованы необходимо знать коэффициент фильтрации грунтов. При определении коэффициента фильтрации грунтов наиболее надежными являются данные опытных откачек. При отсутствии таких данных для ориентировочных подсчетов можно использовать таблицы 23, 24, 25. Необходимые для расчета дренажа значения гидродинамического градиента, радиуса влияния дрены и уклона депрессионной кривой могут быть взяты из таблиц 26, 27, 28.

Коэффициенты фильтрации грунтов

Таблица 23

№ пп	Наименование пород	Коэффициент фильтрации, м/сутки	Авторы
1	2	3	4
	<u>Скальные грунты</u>		
1	Слабо трещиноватые: доломиты, мел, мергели, сланцы	5-20	Скабалланович, Седенко
2	Различные трещиноватые породы	20-60	"
3	Сильно трещиноватые породы	более 60-70	"
	<u>Галечниковые и гравийные грунты</u>		
4	Галечник с песком	20-100	"
5	Галечник отсортировочный	более 100	"
6	Галечник чистый	100-200	Агалина М.С.
7	Гравий чистый	10-200	Абрамов С.К.
8	Гравий с песком	75-180	"
9	Гравийно-галечниковые грунты со значительной примесью мелких частиц	20-60	Скабалланович, Седенко
	<u>Песчаные грунты</u>		
10	Песок пылеватый глинистый с преобладающей фракцией 0,01-0,05 мм	0,5-1,0	Богомолов Г.В.
11	Песок пылеватый однородный с преобладающей фракцией 0,01-0,05 мм	1,5-5,0	"
12	Песок мелкозернистый, глинистый с преобладающей фракцией 0,1-0,25 мм	10-25	"
13	Песок мелкозернистый, однородный с преобладающей фракцией 0,1-0,25 мм	20-25	"



1	2	3	4
14	Песок среднезернистый глинистый с преобладающей фракцией 0,25-0,5 мм	35-50	Богомолов Г.В.
15	Песок среднезернистый однородный с преобладающей фракцией 0,25-0,5 мм	35-40	"-
16	Песок крупнозернистый, слегка глинистый с преобладающей фракцией 0,5-1,0 мм	35-40	"-
17	Песок крупнозернистый однородный с преобладающей фракцией 0,5-1,0 мм	60-75	"-
<u>Глинистые грунты</u>			
18	Глина	менее 0,001	Скабелланович, Седенко
19	Суглинок тяжелый	0,05-0,01	Абрамов С.К.
20	Суглинок легкий и средний	0,4-0,005	Абрамов С.К.
21	Супесь плотная		
22	Супесь рыхлая	0,1-0,01	Скабелланович, Седенко
23	Супесь	1,0-0,4	Абрамович С.К.
<u>Торф</u>			
24	Торф мало разложившийся	4,5-1,0	Агалина М.С.
25	Торф среднеразложившийся	1,0-0,15	"-
26	Торф сильно разложившийся	0,15-0,01	"-

# Водопроницаемость лессовидных суглинков

/по В.А.Приклонскому/

Таблица 24

Порода	Глубина залегания, м	Коэффициент фильтрации м/сутки		Отношение Кф верт. к Кф гор.
		вертикальное направление	горизонтальное направление	
Лессовидный суглинок	1,8-2,0	12,2I	0,3I	37,5
То же	2,6-2,8	1,72	0,38	4,5
" "	1,8-2,0	0,12	0,017	7
" "	2,65-2,8	0,11	0,011	10

## Коэффициент фильтрации торфов

(И.Е.Евгеньев "Строительство автомобильных дорог через болота")

Таблица 25

Группа торфа	Степень разложения, %	Коэффициент фильтрации, см/сек.
Низинный		
слаборазложившийся	10-20	0,002-0,01/0,005/
средне-разложившийся	30-45	0,0002-0,003/0,0008/
Верховой		
очень слаборазложившийся	до 10-15	0,01-0,025/0,015/
слаборазложившийся	10-20	0,002-0,007/0,004/
средне-разложившийся	30-45	0,00025-0,001/0,0005/

Гидродинамические градиенты  
/справочник инженера-дорожника/

Таблица 26

Г р у н т ы	Гидравлический градиент	Угол депрессии
Крупнопесчаные	0,003-0,006	0,0015-0,003
Пески	0,006-0,020	0,003-0,010
Супеси	0,020-0,050	0,010-0,026
Суглинки	0,050-0,100	0,026-0,053
Глинистые грунты	0,100-0,150	0,053-0,081
Тяжелые глины	0,150-0,200	0,081-0,111
Торфы /в зависимости от вида торфа и степени его разложения/	0,020-0,120	0,010-0,064

Радиусы влияния в зависимости от преобладающей  
фракции грунта

Таблица 27

Наименование породы	Размеры преоб- ладающих час- тиц, мм	Радиус влияния R, в м
Песок тонкозернистый	0,05-0,1	25-50
"- мелкозернистый	0,1-0,25	50-100
"- среднезернистый	0,25-0,5	100-200
"- крупнозернистый	0,5-1,0	300-400
Гравий мелкий	2 - 3	400-600
"- средний	3 - 5	500-1500
"- крупный	5 - 10	1500-3000

**Средние значения уклона депрессионной кривой  
по опытным данным**

Таблица 28

№ п/п	Наименование грунтов	Значения уклона $J_0$
1	Для наиболее проницаемых грунтов	0,008—0,006
2	Пески	0,006—0,02
3	Песчаные грунты	0,02—0,05
4	Суглинистые грунты	0,05—0,10
5	Глинистые грунты	0,10—0,15
6	Глины тяжелые	0,15—0,20

## Приложение I

### НОМЕНКЛАТУРА ГРУНТОВ

Грунты, используемые в дорожном строительстве, подразделяются на скальные, крупнообломочные, песчаные и глинистые.

К скальным грунтам относятся магматические, метаморфические и осадочные породы с прочными жесткими связями между зернами, залегающие в естественном залегании в виде сплошного или трещиноватого массива.

К крупнообломочным относятся нецементированные грунты, содержащие более 50% по весу обломков скальных грунтов с размером частиц более 2 мм.

Крупнообломочные и песчаные грунты в зависимости от зернового состава подразделяются на виды /табл. I/.

Для установления вида грунта следует последовательно суммировать проценты содержания частиц в исследуемом грунте, начиная с содержания более крупных частиц и принимать наименование грунта по первой сумме, удовлетворяющей показателю содержания частиц по табл. I.

Пески с коэффициентом неоднородности  $K_{60} \geq 3$  следует считать разнозернистыми. Пески с  $K_{60} < 3$ , а также мелкие пески с содержанием по весу 90% и более частиц размером 0,1-0,25 мм следует считать однородными.

Виды крупнообломочных и песчаных грунтов /СП 449-72/

Таблица I

Вид грунта	Содержание частиц в % от общего веса сухого грунта
<u>Крупнообломочные</u>	
Грунт глыбовый /при преобладании окатанных камней - валунный/	Вес камней крупнее 200 мм составляет более 50%
Грунт щебнистый /при преобладании окатанных частиц - галечниковый/	Вес частиц крупнее 10 мм составляет более 50%
Грунт дресвяный /при преобладании окатанных частиц - гравийный/	Вес частиц крупнее 2 мм составляет более 50%
<u>Песчаные</u>	
Песок гравелистый	Вес частиц крупнее 2 мм составляет более 25%
Песок крупный	Вес частиц крупнее 0,5 мм составляет более 50%
Песок средней крупности	Вес частиц более 0,25 мм составляет более 50%
Песок мелкий	Вес частиц крупнее 0,1 мм составляет более 75%
Песок пылеватый	Вес частиц крупнее 0,1 мм составляет менее 75%

Песчаные грунты следует называть: маловлажными, если степень их влажности  $G \leq 0,5$ , влажными при  $0,5 < G \leq 0,8$ ; насыщенными водой, если  $G > 0,8$ .

— Степень заполнения объема пор водой.  $G$  — определяется по формуле:

$$G = \frac{w \gamma}{E \gamma_b}$$

$W$  - природная весовая влажность грунта

$\gamma$  - удельный вес материала частиц грунта в т/м<sup>3</sup>

$\gamma_b$  - удельный вес воды, принимаемый равным 1 т/м<sup>3</sup>

$e$  - коэффициент пористости грунта, определяемый как отношение объема пор к объему минеральной части грунта

Глинистые грунты подразделяются на виды и разновидности с учетом их зернового состава и пластичности /табл.2/.

Таблица 2

Виды глинистых грунтов /СН 449-72/

Вид грунта	Разновидность грунтов	Содержание песчаных грунтов от 2 до 0,05мм в % по весу	Число пластичности
Супесь	Легкая крупная	50	$I < W_n \leq 7$
	легкая	50	
	пылеватая	20-50	
	тяжелая пылеватая	20	
Суглинок	легкий	40	$7 < W_n \leq 12$
	легкий пылеватый	40	
	тяжелый	40	
	тяжелый пылеватый	40	
	песчанистая	40	
Глина	пылеватая	меньше, чем пылеватых размером 0,05-0,005	$17 < W_n \leq 27$
	жирная	не нормируется	

Для супесей легких крупных учитывается содержание частиц размером 2-0,25 мм

К наименованию глинистого грунта, установленному по табл.2, при содержании в образце рассматриваемого грунта 20-50% /по весу/ частиц крупнее 2 мм добавляется "гравелистый" или "щебенистый".

Таблица 3

Разновидность грунтов	Показатель консистенции $\eta_x$
Супеси, суглинки, глины:	
твердые	$\eta_x < 0$
полутвердые	$0 \leq \eta_x \leq 0,25$
тугопластичные	$0,25 < \eta_x \leq 0,5$
мягкопластичные	$0,5 < \eta_x \leq 0,75$
текучепластичные	$0,75 < \eta_x \leq 1$
текучие	$\eta_x > 1$

Глинистые грунты следует различать по их состоянию в зависимости от величин консистенции /табл.3/.

Глинистые грунты следует считать грунтами с повышенной влажностью, если их влажность превышает значения, при которых грунт в насыпи может быть уплотнен до требуемых коэффициентов уплотнения  $K_u = 0,95-1$ , а в пределах выемок они имеют показатель консистенции  $\eta_x > 0,25$ .



Характеристика пластичности отдельных гранулометрических типов грунтов

Таблица 4

Наименование грунтов по гранулометрическому составу	Верхний предел пластичности	Нижний предел пластичности	Число пластичности
Глина	44	22	22
Суглинок	44-26	22-16	22-10
Супесь	28-18	16-8	10-0
Песок	не определяется	не определяется	0

Представляет интерес классификация грунтов, разработанная в Совздорпроекте /табл.6,7/.

Классификация гранулометрических элементов /проект части/

Таблица 5

Наименование частиц	Размер частиц $d$ - мм
Валунные /при неокатанных гранях - глыбовые/	$d > 200$
Галечниковые /при неокатанных гранях щебенчатые/	$200 \geq d > 10$
Гравийные /при неокатанных гранях - дресвяные/	$10 \geq d > 2$
Песчаные	$2 \geq d > 0,05$
Пылеватые	$0,65 \geq d > 0,005$
Глинистые	$d < 0,005$

# Классификация грунтов для автомобильных дорог

Таблица 6

Наименование грунтов	Число пластичности	Содержание фракций, % от веса сухого грунта	
		Размер частиц, мм	Содержание %
Глина жирная	более 27	2-0,05	менее 50
Глина	17-27	2-0,05	"- 50
Суглинок тяжелый пылеватый	12-17	2-0,05	"- 40
Суглинок тяжелый	12-17	2-0,05	более 40
Суглинок пылеватый	7-12	2-0,05	менее 40
Суглинок	1-7	2-0,05	более 40
Грунт пылеватый	1-7	2-0,05	менее 20
Супесь мелкая	1-7	2-0,25	менее 50
Супесь	1-7	2-0,25	более 50
Песок пылеватый	менее 1	более 0,1	менее 75
Песок мелкий	"- 1	"- 0,1	более 75
Песок средний	"- 1	"- 0,25	"- 50
Песок крупный	"- 1	"- 0,5	"- 50
Песок крупный очень	"- 1	"- 1,0	"- 50

## Примечание:

1. При содержании частиц более 2 мм в количестве 25-50% к наименованию грунта добавляется слово "гравелистый"/"щебенистый"/.
2. Грунты, обладающие в природном сложении влажностью, превышающей влажность на границе текучести и коэффициентом пористости более 1,0 для супесей и суглинков и более 1,5 для глины называются влажными.

3. Глинистые грунты, обладающие в природном сложении видимыми невооруженным глазом порами, значительно превосходящими размеры частиц, составляющие скелет грунта, называются макропористыми.

Скальные породы следует считать размягчаемыми, если отношение их временных сопротивлений сжатию в насыщенном водой и в воздушно-сухом состоянии меньше 0,75, а при отношении равном или более 0,75 – неразмягчаемыми.

По степени выветриваемости скальные грунты делятся на слабовыветривающиеся и легковыветривающиеся.

К грунтам особой разновидности относятся: илы, польдиевые глины, лессы и лессовидные грунты, аргиллиты, алевролиты, мергели, сланцевые глины, трепелы, торфа, сапропели, засоленные грунты.

Примечания:

к таблицам I и 2

- I.  $\psi$  и  $C$  определяют по результатам сдвиговых испытаний грунтов ненарушенной структуры по схеме быстрого сдвига при естественной влажности в пределах нагрузки на основание в зависимости от высоты насыпи.
2. При использовании грунта выемки в насыпь, а также для грунта резерва дополнительно определяют  $\psi$  и  $C$  по результатам сдвиговых испытаний грунтов нарушенной структуры при оптимальной влажности по схеме медленного сдвига с предварительным уплотнением.

к таблице 3

1. К таблице должен быть приложен график компрессионных испытаний по всем грунтовым слоям слабого основания.
2.  $\psi_n$  и  $C_n$  определяют при естественной влажности по схеме быстрого сдвига при расчетной нагрузке.  
Здесь же необходимо производство испытаний по схеме медленного сдвига с предварительной консолидацией под расчетной нагрузкой I-2 испытания.
3. Для более полной оценки слабых грунтов в основании земляного полотна должны быть приведены данные полевых испытаний грунтов крыльчаткой, статическим и динамическим зондированием.
4. Грунты резерва для насыпи изучаются в соответствии с примечанием к то. I-2.

Приложение 2

Исходные геотехнические данные, необходимые для разработки индивидуальных проектов земляного полотна

Исходные данные выдают геологам по следующей форме /см.таблицы-формы I-2-3/. В таблицы вносятся только расчетные показатели грунтов, вычисленные путем статистической обработки.

Таблица 1  
/форма/

Время 12 м

км	Протяжение по трассе		г	Наименование грунта	Влажность			Естественная влажность	Объемный вес грунта	Объемный вес скелета грунта	Коэффициент пористости	Угол внутреннего трения	Сцепление в кг/см <sup>2</sup>	Оптимальный объемный вес	Оптимальная влажность	Коэффициент сжатия
	от ПК +	до ПК +			На границе текучести	На границе раскатывания	Число пластичности									
					W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	W <sub>n</sub>	W	γ <sub>n</sub>	γ <sub>ск</sub>	e	φ°	c	γ <sub>opt.</sub>	W <sub>opt.</sub>	W <sub>s</sub>

Таблица 2  
/форма/

Насипь 12 м на прочном основании

км	Протяжение по трассе		г	Наименование грунта	Грунт основания и резерва насипи										Только грунт резерва		Примечание
	от ПК +	до ПК +			Влажность			Число пластичности	Естественная влажность	Объемный вес грунта	Объемный вес скелета грунта	Коэффициент пористости	Угол внутреннего трения	Сцепление в кг/см <sup>2</sup>	Оптимальный объемный вес	Оптимальная влажность	
					На границе текучести	На границе раскатывания	Число пластичности	W <sub>n</sub>	W	γ <sub>n</sub>	γ <sub>ск</sub>	e	φ°	c	γ <sub>opt.</sub>	W <sub>opt.</sub>	

53

Таблица 3  
/форма/

Насипь на слабом основании

км	Протяжение по трассе		г	Наименование грунта	Грунт основания и резерва насипи										Компрессионные показатели				Коэффициент сжатия	Коэффициент сжатия
	от ПК +	до ПК +			Влажность			Число пластичности	Естественная влажность	Объемный вес грунта	Объемный вес скелета грунта	Коэффициент пористости	Угол внутреннего трения	Сцепление в кг/см <sup>2</sup>	Начальная влажность	Коэффициент пористости при расчетной нагрузке	Модуль осадки от расчетной нагрузки	Модуль осадки от расчетной нагрузки		
					На границе текучести	На границе раскатывания	Число пластичности	W <sub>n</sub>	W	γ <sub>n</sub>	γ <sub>ск</sub>	e	φ°	c					W <sub>s</sub>	W <sub>s</sub>