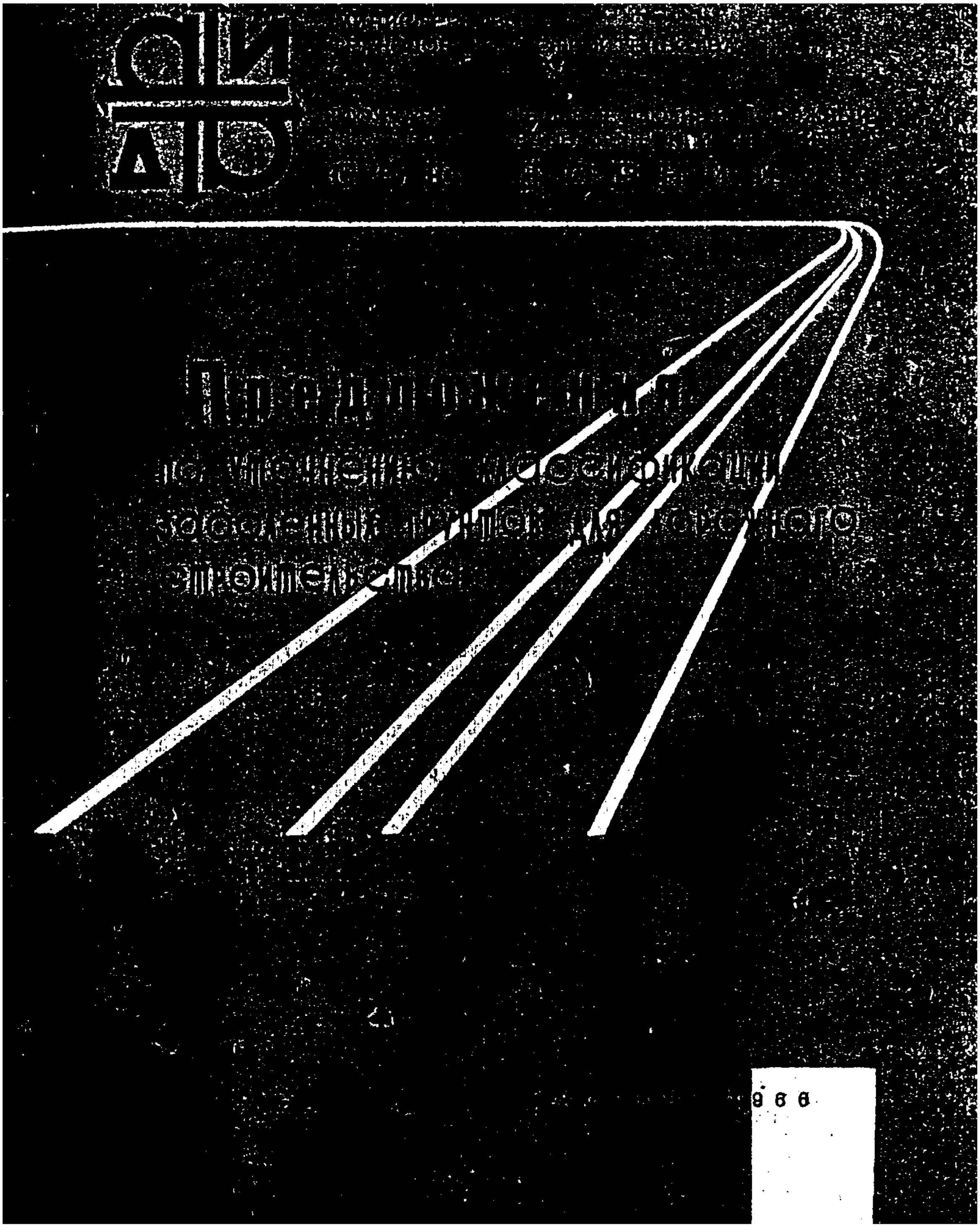


МИНИСТЕРСТВО
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
С С С Р

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

Предложения

по уточнению классификации засоленных грунтов для дорожного строительства

МОСКВА 1986

П Р Е Д И С Л О В И Е

Одной из актуальных современных проблем дорожного строительства является использование для возведения земляного полотна местных грунтов особых разновидностей. К грунтам особых разновидностей, отличающихся по своим свойствам от обычных грунтов аналогичного гранулометрического состава, относятся широко распространенные в У дорожно-климатической зоне грунты, содержащие легкорастворимые и труднорастворимые соли; хлориды, сульфаты натрия, гипс и карбонаты. В настоящее время пригодность засоленных грунтов для возведения земляного полотна, а также основные нормы его проектирования при использовании этих грунтов устанавливают на основе их классификации по степени и качественному характеру засоления, предусмотренной "Инструкцией по сооружению земляного полотна автомобильных дорог" ВСН 97-63.

Поскольку различным пределам степени засоления при данном качественном характере соответствуют разные нормы проектирования земляного полотна и мероприятия по повышению его устойчивости, от принятой классификации засоленных грунтов в конечном счете зависят конструкции земляного полотна и стоимость его сооружения на участках распространения этих грунтов.

За 10-летний период применения существующей классификации засоленных грунтов накоплен и изучен большой опыт строительства и эксплуатации дорог в засушливых и пустынных районах, проведены широкие исследования физико-механических свойств этих грунтов.

В результате лабораторных исследований, полевых наблюдений за водно-солевым режимом и устойчивостью земляного полотна, возведенного из засоленных грунтов, и обобщения практического опыта их использования Среднеазиатским филиалом Союздорнии в 1965 г. разработаны "Предложения по уточнению классификации засоленных грунтов для дорожного строительства", несколько расширяющие возможность их применения. Эти уточнения позволяют снизить стоимость работ по возведению земляного полотна в районах распространения засоленных грунтов (в пределах У дорожно-климатической зоны) за счет их более широкого использования без замены привозными грунтами.

"Предложения" составлены и.о.старшего научного сотрудника Л.Ф.Ступаковой под научно-методическим руководством и редакцией канд.техн.наук Ю.Л.Мотылева. В работе учтены замечания и пожелания проф.,докт.геол.-минер.наук В.М.Безрука и зав.кафедрой химии Ташкентского института инженеров транспорта канд.техн.наук, доц. Л.Б.Смолиной.

В полевых работах и лабораторных исследованиях, кроме автора, приникали участие инженеры Р.А.Попова, Г.И.Какурина и ст. техник Г.Н.Муминова.

Все замечания и предложения просьба направлять в Союздорнии: Московская обл., Балашиха-6 или в Среднеазиатский филиал Союздорнии: Ташкент, 32, ул.40 лет Комсомола,22.

Директор Союздорнии
кандидат технических наук - **В.Михайлов**

I. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТОВ

Влияние солей на величину предельного сопротивления сдвигу лессовидного грунта

Влияние солей на величину предельного сопротивления сдвигу лессовидного грунта изучали двумя методами: с помощью конического пластометра и на сдвиговом приборе Гидропроекта.

И с с л е д о в а н и я с п о м о щ ь ю к о н и ч е с к о г о п л а с т о м е т р а . Этот метод разработан акад. П.А.Ребиндером[1]. Предельное сопротивление сдвигу (пластическую прочность) вычисляли по формуле

$$P_m = \frac{F}{h^2} \cdot K ,$$

где F – нагрузка на конус, кг;

h – предельная глубина погружения конуса, см;

K – константа прибора, зависящая от угла конуса: $K_{30}=0,959$; $K_{45}=0,416$; $K_{60}=0,274$ [1].

В результате проведенных исследований было выявлено, пластическая прочность грунтов, содержащих 5–8% легкорастворимых солей, с сульфатным и хлоридным характером засоления при оптимальной влажности и максимальной плотности незначительно отличается от пластической прочности тех же грунтов с предельно допускаемым содержанием легкорастворимых солей, что подтверждает возможность использования таких грунтов при возведении земляного полотна автомобильных дорог в У дорожно-климатической зоне(табл.I). Присутствие солей в грунте оказывает влияние на оптимальную влажность и максимальную плотность: хлористый натрий ($NaCl$) повышает максимальную плотность, снижая оптимальную влажность; сернокислый натрий (Na_2SO_4) уменьшает объемный вес скелета грунта и увеличивает оптимальную влажность, начиная с дозировки 8–10% (табл.I).

I) Ребиндер П.А. и Семаненко Т.А. О методе погружения конуса для характеристики структурно-механических свойств пластично-вязких тел. Изд-во АН СССР, т.64, 1949,№6.

Агранат Н.Н. и Волярович М.П. О вычислении предельного напряжения сдвига дисперсных систем в опытах с коническим пластометром. Коллоид.журн., XX, 1957, с 1.

Таблица I

Влияние $NaCl$ и Na_2SO_4 на оптимальную влажность, максимальную плотность и предельное сопротивление сдвигу засоленных грунтов

Содержание в грунте, %	Оптимальная влажность, %	Максимальный объемный вес скелета грунта, г/см³	Предельное сопротивление сдвигу при оптимальной влажности и максимальной плотности, кг/см²
$NaCl$			
0,5	I5,0	I,79	I0,0
I	I5,I	I,78	I0,0
2	I5,2	I,78	I0,0
3	I4,6	I,80	7,9
4	I4,6	I,8I	6,8
5	I3,4	I,83	7,0
8	I3,2	I,85	6,4
I0	I2,9	I,85	5,8
I3	I2,8	I,83	5,6
Незасоленный грунт	I5,0	I,79	I0,I
Na_2SO_4			
0,5	I5,0	I,79	I0,0
I	I5,I	I,79	I0,0
2	I5,I	I,79	I0,I
3	I5,4	I,79	7,9
4	I5,7	I,78	7,7
5	I6,I	I,78	6,8
8	I9,2	I,68	6,I
I0	22,2	I,6I	4,5
I3	26,0	I,52	4,0

Результаты опытов (табл.2) по определению влияния солей на пластическую прочность грунтов при абсолютной влажности, равной оптимальной влажности исходного незасоленного грунта, показали, что хлористый натрий значительно понижает пластическую прочность, начиная с дозировки 8%. С дальнейшим ростом степени засоления грунта хлористым натрием пластическая прочность изменяется очень медленно.

Низкие значения пластической прочности объясняются тем, что абсолютная влажность (W =I5%) при такой степени засоления превышает оптимальную примерно на I0–I5%. Следует отметить, что для среднеазиатских грунтов характерно резкое снижение прочности при влажности выше оптимальной. Влияние Na_2SO_4 на пластическую прочность зависит от содержания этой соли в грунте (табл.2).

Таблица 2

Влияние солей на пластическую прочность искусственно засоленных грунтов при оптимальной влажности незасоленного грунта

Содержание в грунте, %	Объемный вес скелета грунта, г/см^3	Пластическая прочность, кг/см^2
$NaCl$ 0,5	I,79	I0,0
I	I,79	9,9
2	I,79	9,8
3	I,80	6,3
4	I,8I	6,3
5	I,8I	6,2
8	I,80	2,3
I0	I,78	2,I
I3	I,78	2,I
Незасоленный грунт	I,79	I0,I
Na_2SO_4 0,5	I,79	I0,0
I	I,79	I0,0
2	I,79	I0,0
3	I,79	9,8
4	I,79	9,7
5	I,75	9,5
8	I,44	9,5
I0	I,39	I0,2
I3	I,I9	I4,7

С увеличением количества Na_2SO_4 пластическая прочность повышается. При одинаковых условиях сульфаты натрия оказывают на структурно-механические свойства грунта менее отрицательное действие, чем хлориды.

Известно, что в основу разделения засоленных грунтов по качественному характеру был положен принцип, принятый в почвоведении, с той лишь разницей, что для хлоридно-сульфатного засоления соотношение Cl'/SO_4'' приняли равным I–0,3 вместо I–0,2, а для сульфатного $< 0,3$ вместо $< 0,2$. Однако для дорожного строительства этот принцип не обоснован. Поскольку автомобильная дорога является инженер-

ным сооружением, то в основу качественной характеристики грунтов был положен принцип прочностной характеристики (предельное сопротивление сдвигу или пластическая прочность грунтов).

Полученные данные зависимости пластической прочности засоленных легких пылеватых суглинков от соотношения ионов хлора к сульфат-ионам в легкорастворимых солях, содержащихся в грунте, положены в основу разделения грунтов по качественному характеру засоления (рис.I).

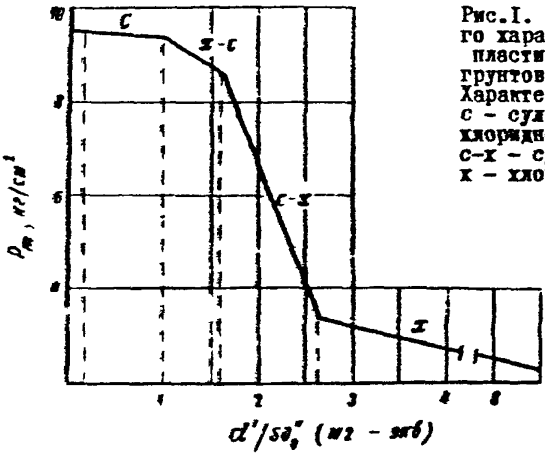


Рис.I. Влияние качественного характера засоления на пластическую прочность грунтов.
Характер засоления:
с - сульфатный; х-с - хлоридно-сульфатный;
с-х - сульфатно-хлоридный;
х - хлоридный

Известно, что на территории Средней Азии широко распространены грунты, содержащие 20-40% гипса различной дисперсности.

Результаты проведенных опытов показали, что содержание 50% мелкокристаллического гипса в грунте практически не оказывает влияния на пластическую прочность (табл.3).

Увеличение пластической прочности грунтов, содержащих крупнокристаллический гипс, происходит за счет усиления трения между отдельными элементами скелета.

Естественно засоленные грунты с ненарушенной структурой имеют более высокую пластическую прочность, чем грунты с нарушенной структурой при одинаковых влажности и объемном весе (табл.4).

Таблица 3

Влияние содержания гипса на пластическую прочность

Содержание гипса, %	Оптимальная влажность,%	Максимальный объемный вес, г/см³	Пластическая прочность, кг/см²	Оптимальная влажность,%	Максимальный объемный вес, г/см³	Пластическая прочность, кг/см²
	Мелкокристаллический (< 0,14мм)			Крупнокристаллический (2-1мм)		
10	15,3	1,83	10,1	15,5	1,82	10,7
30	19,1	1,76	9,9	16,9	1,83	13,1
40	20,7	1,69	11,7	17,3	1,80	14,0
50	21,5	1,70	9,1	17,6	1,78	13,5
Незасоленный грунт	15,0	1,79	10,1			

И.М.Горькова[2] отмечает, что грунты с естественной структурой обладают большей прочностью, несмотря на большую влагоемкость, объясняя это структурными изменениями во времени, благодаря которым происходят переориентация и сближение частиц. В результате сближения частиц, а также процессов старения и перекристаллизации, происходящих в водно-коллоидных пленках, связи между частицами грунта делаются более прочными. Упрочнение может происходить и за счет выпадения из воды труднорастворимых соединений (углекислой извести, гипса, гидратов окиси железа и алюминия и др.) в порах грунта.

В.М.Безрук[3] определил пластическую прочность, или предельное сопротивление сдвигу, естественно засоленных грунтов и этих же грунтов после отмывки солей и пришел к выводу, что присутствие легкорастворимых солей практически не понижает предельное сопротивление грунтов сдвигу, а в некоторых случаях естественно засоленные грунты имеют предельное сопротивление сдвигу в 1,5-3 раза большее по сравнению с теми же грунтами, отмытыми от солей.

2) Горькова И.М. Структурные и деформационные особенности осадочных пород. М., Изд-во "Наука", 1965.

3) Безрук В.М., Мотылев Ю.Л., Грот А.И., Иерусалимская М.Ф., Знаменский А.И. Строительство дорог на засоленных грунтах и пливунных песках. М., Автотрансиздат, 1955.

Таблица 4

Пластическая прочность естественно засоленных грунтов с ненарушенной и нарушенной структурой

Участок наблюдений	Глубина взятия образцов от дна корыта, см	Грунты с ненарушенной структурой			Грунты с нарушенной структурой		
		влажность, %	объемный вес скелета грунта, г/см³	пластическая прочность, кг/см²	влажность, %	объемный вес скелета грунта, г/см³	пластическая прочность, кг/см²
I поперечник № I	0-I0	I3,9	I,59	I0,6	I4,5	I,67	3,9
	20-30	I0,9	I,64	4,0	I2,9	I,6I	4,2
I поперечник № 2	0-I0	I5,I	I,79	6I,5	I5,I	I,68	5,0
	20-30	I6,4	I,68	7,8	I6,5	I,7I	4,7
2	0-I0	I7,9	I,68	32,0	I7,6	I,75	7,0
	I0-20	2I,I	I,4I	7,8	I9,7	I,70	2,2
3	0-I0	I5,0	I,65	I0,6	I5,5	I,60	6,4
	20-30	I6,3	I,79	I5,3	I6,7	I,70	5,8
4	0-I0	I7,I	I,66	32,0	I7,0	I,78	4,4
	20-40	2I,7	I,45	9,2	2I,2	I,67	2,2
5	0-I0	20,3	I,72	32,0	20,3	I,7I	2,8
	20-30	28,7	I,2I	6,8	27,7	I,4I	2,8
7	0-I0	I2,5	I,80	3I,5	I2,3	I,8I	7,3
	20-40	I4,9	I,72	I0,6	I4,3	I,80	2,2

Исследования сопротивления засоленных грунтов сдвигу (на приборе Гидропроекта). зучение влияния солей на сопротивление грунтов сдвигу проводили по общепринятой методике.

В результате опытов было установлено, что хлористый натрий в малых количествах (до I%) увеличивает сопротивление грунтов сдвигу на I0%. С увеличением содержания хлористого натрия в грунте от 3 до I3% сопротивление грунта сдвигу уменьшается на 4-8% по сравнению с незасоленным грунтом.

Сернокислый натрий в малых количествах (до 2%) практически не оказывает влияния на сопротивление сдвигу. Содержание в грунте 3-5% сернокислого натрия понижает сопротивление сдвигу на 4-I8% по сравнению с незасоленным грунтом. Дальнейшее увеличение содержания этой соли до I3% не влияет на сопротивление грунта сдвигу. Значительное снижение сдвигоустойчивости грунтов, засоленных сернокислым натрием, связано с гидрофильностью иона SO_4'' 4)

В грунто-солевых смесях, уплотненных при оптимальной влажности незасоленного грунта (W = I5%), влияние хлористого натрия начинает проявляться с дозировки 3% (рис.2). С увеличением содержания $NaCl$ до I3% сопротивление грунта сдвигу уменьшается на 4-I3%. Уменьшение сопротивления грунта сдвигу вызвано тем, что $NaCl$ понижает оптимальную влажность грунта, т.е. при этих условиях влажность была выше оптимальной на I0-I5%, и часть воды находилась в свободном состоянии.

В смесях, содержащих $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ и уплотненных при оптимальной влажности (W = I5%), сопротивление сдвигу возрастает по мере повышения дозировки соли. Повышение сопротивления грунта сдвигу вызвано тем, что ион SO_4'' связывает часть воды и у скоагулированных низкодисперсных частиц грунта возникают сухие контакты. Такие грунты имеют большой угол внутреннего трения, а сцепление с увеличением содержания соли уменьшается.

---

4) Рождественский Е.Д. Физико-технические свойства лессовых грунтов Узбекистана. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1960.

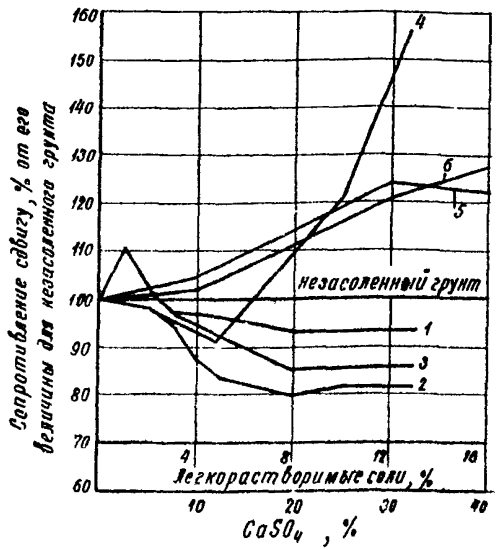


Рис.2. Влияние солей на сопротивление грунтов сдвигу:
1- Грунт + $NaCl$
2- Грунт + Na_2SO_4
3- Грунт + $CaSO_4$ мелкокрист.
4- Грунт + $CaSO_4$ крупнокрист.
} при оптимальной влажности и максимальной плотности
5- Грунт + $NaCl$
6- Грунт + Na_2SO_4
} при W = I5%

Исследованиями установлено, что присутствие I0% гипса в легком пылеватом суглинке не влияет на сопротивление сдвигу. С увеличением количества гипса до 30-40% сопротивление грунта сдвигу увеличивается на 20-28% (рис.2). Размеры кристаллов гипса в исследованном диапазоне 2-0,I4 мм не оказывают влияния на сопротивление грунта сдвигу. Грунты, содержащие 30-40% гипса, по сопротивлению сдвигу, как одному из важнейших свойств, определяющих степень устойчивости земляных сооружений, могут быть использованы для строительных целей.

Результаты исследований сильно-, избыточнозасоленных и гипсированных грунтов, отобранных из земляного полотна участков наблюдений на дорогах, построенных в Хорезмской, Бухарской областях Кара-Калпакской АССР и Голодной степи, свидетельствуют о том, что сдвигающие усилия, сцепление и угол внутреннего трения этих грунтов незначительно отличаются от аналогичных характеристик условно незасоленных грунтов с содержанием 3-5% хло-

ридов или сульфатов. Избыточнозасоленный грунт № 5 (табл.5) характеризуется более высокими значениями сопротивления сдвигу, сцепления и угла внутреннего трения по сравнению с модельными засоленными грунтами, содержащими 13% $NaCl$ или 13% $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$

Для природных гипсированных грунтов, так же как и для искусственных моделей, характерно повышенное сопротивление сдвигу по сравнению с незасоленным грунтом. Неоднородность исследованных естественно засоленных грунтов по гранулометрическому составу и другим признакам не позволяют установить четкой закономерности влияния солей на сопротивление сдвигу.

Влияние солей на компрессионные свойства грунта

В связи с использованием засоленных грунтов в качестве строительного материала для возведения земляного полотна автомобильных дорог важно знать, как сжимается грунт под нагрузкой, а также и в условиях капиллярного увлажнения минерализованной водой.

Влияние $NaCl$ на сжимаемость грунта при нагрузке 3 кг/см^2 начинает проявляться с дозировки 10-13%; коэффициент пористости уменьшается на 5-6% по сравнению с исходным засоленным грунтом до приложения нагрузки (рис.3).

Грунты с содержанием 4-5% $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ при нагрузке 3 кг/см^2 сжимаются на 7% по сравнению с исходным засоленным грунтом до приложения нагрузки. С увеличением содержания этой соли от 8 до 13% сжимаемость возрастает, а коэффициент пористости снижается на 8-10%.

Гипсированные грунты (40% $CaSO_4$) при нагрузке 3 кг/см^2 сжимаются на 7% по сравнению с этим же грунтом до приложения нагрузки.

Большое практическое значение имеет сжимаемость естественно засоленных грунтов (рис.4). Грунты, содержащие до 13% $NaCl$, до 8% $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ и 40% $CaSO_4$, уплотненные при оптимальной влажности до максимальной плотности, мало сжимаются при нагрузке 3 кг/см^2. Следовательно, нет оснований опасаться появления в земляном полотне просадочных деформаций.

Таблица 5

Сопротивление сдвигу естественно засоленных грунтов

№ пп	Место отбора образцов	Оптимальная влажность, %	Максимальный объемный вес, г/см³	Характер засоления	Степень засоления	Содержание легкорастворимых солей, %	Содержание гипса, %	Наименование грунта по гранулометрическому составу	При нормальном давлении 3 кг/см²		
									сдвигающее усилие, кг/см²	сцепление, кг/см²	угол внутреннего трения, град.
I	Хорезмская область	I5,8	I,82	Сульфатно-хлоридный	Сильнозасоленный	5,II	-	Суглинок легкий пылеватый	2,I7	0,35	32
2	Кара-Калпакская АССР	I6,2	I,72	-"-	-"-	7,00	-	То же	2,06	0,20	32
3		20,0	I,7I	Хлоридно-сульфатный	Избыточно-засоленный	6,30	-	-"-	I,94	0,I0	32
4	Бухарская область	I5,6	I,8I	-"-	-"-	7,49	-	-"-	2,25	0,I7	35
5	Кара-Калпакская АССР	I6,5	I,77	-"-	-"-	I2,85	-	-"-	2,57	0,27	38
6	Голодная степь	20,5	I,72	Сульфатный	Сильнозасоленный	2,74	29,3	-"-	2,24	0,47	3I
7	— "—	22,0	I,60	-"-	-"-	2,04	30,3	Пески пылеватые	2,45	0,33	36
8	— "—	I7,6	I,77	-"-	Среднезасоленный	I,95	37,7	Супеси тяжелые пылеватые	3,20	0,57	4I
9	— "—	2I,0	I,68	-"-	Сильнозасоленный	2,70	46,2	Непластичный	2,50	0,38	32
I0	Бухарская область	24,6	I,6I	-"-	-"-	2,70	49,I	Суглинок легкий пылеватый	3,25	0,58	39
II	— "—	29,5	I,50	-"-	Среднезасоленный	I,34	60,0	Непластичный	2,62	0,20	38

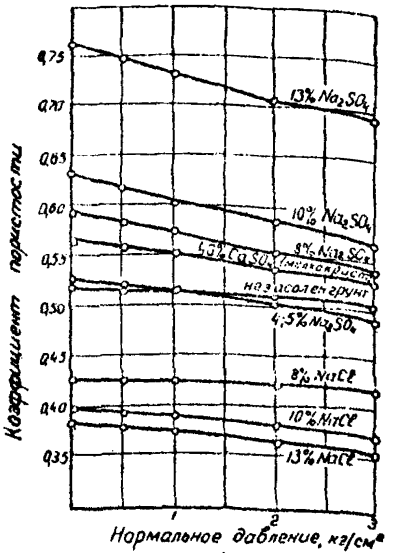


Рис.3. Влияние $NaCl$, Na_2SO_4, $CaSO_4$ на сжимаемость грунтов

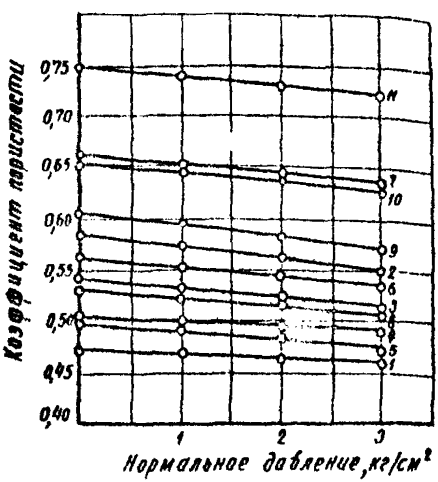


Рис.4. Сжимаемость естественно засоленных грунтов. Условные обозначения см. в табл. 5 (номера грунтов)

Определение сжимаемости различно засоленных грунтов в условиях капиллярного увлажнения проводили при разных давлениях. Минерализованную воду подавали сразу после стабилизации осадки грунта под нагрузкой. По мессуре отмечали осадку образца, вызванную увлажнением, до ее условной стабилизации.

Относительную просадочность грунта $\ell_{пр}$ при заданном давлении рассчитывали по формуле[5]

$$\ell_{пр} = \frac{h_1 - h_2}{h_0},$$

где h_1 – высота образца под давлением до замачивания, мм;

h_2 – высота образца под тем же давлением после замачивания, мм;

h_0 – первоначальная высота образца, мм.

Изучение влияния солей на просадочность грунтов в условиях капиллярного увлажнения показало, что грунты, содержащие до 13% $NaCl$, до 8% $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, до 40% $CaSO_4$, относятся к непросадочным (табл.6).

С целью выявления влияния минерализованных и неминерализованных грунтовых вод на плотность искусственно и естественно сильно-, избыточновасоленных и гипсированных

5) Основания и фундаменты зданий и сооружений на просадочных грунтах. Нормы проектирования. СНиП II Б.2-62, § 2-3.

Таблица 6

Относительная просадочность засоленных грунтов

Содержание солей в незасоленном грунте, %	Капиллярное увлажнение минерализованной водой при нагрузках, кг/см²			
	1,0		2,0	
	$i_{пр.}$	просадочность	$i_{пр.}$	просадочность
-	0,0006	Непросадочный	0,0001	Непросадочный
8 *NaCl*	0,0020	-"-	0,0014	-"-
10 -"-	0,0024	-"-	0,0014	-"-
13 -"-	0,0020	-"-	0,0028	-"-
5 Na_2SO_4	0,0038	-"-	0,0033	-"-
8 -"-	0,0040	-"-	0,0035	-"-
10 -"-	0,0041	-"-	0,0115	-"-
13 -"-	0,0238	Просадочный		
40 $CaSO_4$	0,0017	Непросадочный	0,0013	-"-

грунтов, уплотненных при оптимальной плотности, были проведены дополнительные опыты в колонках. За период 160-240-дневного капиллярного увлажнения произошло изменение влажности, объемного веса скелета и содержания легкорастворимых солей в слое грунта 0-20 см, а у гипсированных - в слое 0-9 см, считая от уровня воды.

Из изложенного следует:

1. Легкорастворимые соли в количестве 0,5% не оказывают влияния на физико-механические свойства грунтов. Поэтому грунты, содержащие указанное количество солей, можно относить к незасоленным.

2. Содержание в грунте *NaCl*, Na_2SO_4 менее 2% не оказывает влияния на сопротивление грунта сдвигу. С повышением количества этих солей в грунте (2-13%) сопротивление грунта сдвигу и пластическая прочность уменьшаются по сравнению с незасоленным грунтом.

3. При содержании 30-40% гипса сопротивление грунтов сдвигу и их пластическая прочность увеличиваются.

4. Грунты, содержащие 5-13% *NaCl*, 40% $CaSO_4$ и 4-10% Na_2SO_4, относятся к непросадочным и практически мало сжимаются под нагрузкой 3 кг/см². Избыточнозасоленные грунты, содержащие 13% Na_2SO_4, относятся к сильносжимаемым и просадочным грунтам.

5. При капиллярном увлажнении неминерализованной и минерализованной водой сильно- и избыточнозасоленных грунтов происходят заметные изменения влажности, плотности и содержания легкорастворимых солей в слое 0-20 см, а у гипсированных-в слое 0-9 см, считая от уровня воды.

6. Использование классификации засоленных грунтов по качественному характеру засоления, принятой в почвоведении (в основу которой положено влияние солей на произрастание растений), в дорожном строительстве нецелесообразно, так как она не отражает специфических свойств и поведения засоленных грунтов в земляном полотне автомобильных дорог.

7. Предлагаемые изменения по качественному характеру засоления в классификации засоленных грунтов основываются на изменении прочностных свойств грунтов (пластическая прочность) в зависимости от процента соотношения ионов Cl'/SO_4'', выраженных в миллиэквивалентах. Граничные величины пластической прочности из кривой зависимости P_m от отношения ионов хлора к сульфат-ионам определяют типы засоления.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ВОДНО-СОЛЕВЫМ РЕЖИМОМ И УСТОЙЧИВОСТЬЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА, ВОЗВЕДЕННОГО ИЗ ЗАСОЛЕННЫХ И ГИПСИРОВАННЫХ ГРУНТОВ

С целью более глубокого изучения зависимости между устойчивостью земляного полотна и его водно-солевым режимом в 1956 г. были организованы систематические наблюдения за состоянием земляного полотна на опытных поперечниках, как заложенных ранее, так и выбранных дополнительно. С 1959 г. по 1964 г. проводили наблюдения за водно-солевым режимом и устойчивостью земляного полотна на 40 дорожных участках Бухарской, Хорезмской областей, Кара-Калпакской АССР и Голодной степи. Исследования проводили ежегодно 2-3 раза, обычно в периоды максимального соленакопления и влагонакопления.

Весной 1962 г. на участках наблюдений в Бухарской области были проведены испытания земляного полотна, построенного из грунтов, содержащих 30-40% $CaSO_4$, и из сильнозасоленных тяжелых пылеватых суглинков, навесным прессом. Получены следующие значения модуля деформации: для гипсированных грунтов при λ =0,1-360кг/см^2, при λ =0,2-300кг/см^2 и для сильнозасоленных грунтов соответственно 350 и 335 кг/см^2 x). В течение всего периода наблюдений относительная влажность в слое грунта толщиной 0,5 м от дна корыта на большей части участков наблюдений не превышала 64%, т.е. была

x) Испытания навесным прессом проводил инж. Бутлицкий Ю. В.

близкой к оптимальной влажности грунтов. Коэффициент уплотнения колебался в пределах 0,90–0,99. Земляное полотно, построенное из грунтов, содержащих в верхней метровой толще до 8% и более солей, т.е. из грунтов, относящихся по существующей классификации к избыточнозасоленным, показало достаточную устойчивость. Не наблюдалось деформаций земляного полотна, построенного из грунтов, содержащих до 40% гипса.

Результаты проведенных в 1959–64 гг. полевых и лабораторных исследований засоленных и гипсированных грунтов и опыт строительства земляного полотна из этих грунтов создали основу для расширения границ предельно допустимого содержания гипса в грунтах, используемых для возведения земляного полотна с усовершенствованными покрытиями (при I и 2 типах местности до 40% и при 3 типе местности до 30%)[6], и легкорастворимых солей (при сульфатном и хлоридно-сульфатном характере засоления от 5 до 8%).[7] Последнее показывает, что существующая классификация засоленных грунтов требует уточнения в смысле установления новых границ применимости этих грунтов для строительства земляного полотна автомобильных дорог.

---

6) Молылев Ю.Л., Бутлицкий Ю.В., Ступакова Л.Ф., Федосеева Т.И., Шульгина В.П. Исследование устойчивости земляного полотна из засоленных грунтов. М., Автотрансиздат, 1963.

Ступакова Л.Ф. Исследование устойчивости земляного полотна, возведенного из гипсированных и избыточнозасоленных грунтов. Сб.докладов и сообщений. Секция земляного полотна, методов расчета нежестких дорожных одежд и устройства покрытий и оснований из укрепленных грунтов. М.,Совадорнии, 1963.

7) Ступакова Л.Ф., Попова Р.А. Возведение земляного полотна из избыточнозасоленных грунтов. Журн."Автомобильные дороги",1965, № 4.

Ступакова Л.Ф., Смолина Л.Б. Плотность и пластическая прочность избыточнозасоленных и гипсированных грунтов Узбекистана в условиях капиллярного увлажнения минерализованной водой. Тезисы докладов 28-й научно-технической конференции кафедр Ташкентского института инженеров транспорта, 1964.

Ступакова Л.Ф., Смолина Л.Б. Влияние капиллярного увлажнения на прочность засоленных грунтов. Доклады АН УзССР, 1965, № 8.

Таким образом,

I. Полевые наблюдения за водно-солевым режимом и устойчивостью земляного полотна автомобильных дорог, построенных в условиях распространения засоленных и гипсированных грунтов, показали, что оно сохраняет устойчивость.

2. Результаты проведенных наблюдений позволяют сделать вывод, что предельное допустимое содержание легкорастворимых солей и гипса может быть повышено.

3. В настоящее время можно рекомендовать повысить содержание легкорастворимых солей от 5 до 8% при сульфатном и хлоридно-сульфатном характере засоления и гипса в I и 2 типах местности - до 40%, в 3 типе - до 30%.

4. Для обеспечения устойчивости земляного полотна, возводимого из засоленных и гипсированных грунтов, необходимо предусмотреть:

устройство монолитного водонепроницаемого покрытия;

укрепление откосов и обочин;

равномерное распределение солей;

выполнение установленных к конструкциям и качеству работ требований (ВСН 97-63).

8. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УТОЧНЕНИЮ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

I. В связи с тем, что легкорастворимые соли оказывают на грунты многообразное и сложное влияние, в качестве критерия допустимого содержания солей в грунте, а также количественных границ степени засоления, которым должны соответствовать дифференцированные нормы проектирования земляного полотна, следует принимать совокупность показателей, выражающих влияние степени и качественного характера засоления на свойства грунта. Такими показателями являются: характерные влажности грунта, его сопротивление нагрузкам (сдвигу, сжатию, вдавливанию) при постоянной абсолютной и относительной влажности, максимальная плотность при стандартном уплотнении, водоустойчивость, а также наличие в грунте нерастворимых солей, способных к выщелачиванию при его увлажнении грунтовыми водами и атмосферными осадками.

Количественные границы степени засоления должны отражать изменения этих показателей под влиянием солей. В качестве критерия предельного допустимого содержания солей в грунте должна приниматься такая степень засоления, при дальнейшем увеличении которой использование грунта для возведения земляного полотна становится нецелесообразным из-за резкого снижения его прочности и водоустойчивости.

2. Предлагается сохранить принятый в настоящее время принцип классификации засоленных грунтов по степени засоления с учетом его качественного характера. При этом степень засоления грунтов характеризуется средним суммарным содержанием легкорастворимых солей в слое грунта, подлежащего перемещению в насыпь, выраженным в процентах от веса абсолютно сухого грунта. Качественный характер засоления определяется отношением содержания в грунте ионов Cl', выраженных в миллиэквивалентах, на 100 г сухого грунта, к содержанию ионов SO_4''.

Наряду с этим, численные границы, разделяющие засоленные грунты с различными степенью и качественным характером засоления, предлагается уточнить на основе проведенных исследований.

3. В соответствии с установленным влиянием качественного характера засоления на прочность грунта, взамен принятой ранее классификации засоленных грунтов, заимствованной из почвоведения, предлагается следующая (см.табл.7):

Таблица 7

Наименование засоления	Cl'/SO_4''
Хлоридное	$\geq 2,5$
Сульфатно-хлоридное	2,5-1,5
Хлоридно-сульфатное	1,5-1,0
Сульфатное	$< 1,0$

Качественную характеристику содового засоления до проведения исследований предлагается оставить прежнюю, т.е. называть засоление содовым при содержании в грунте ионов CO_3'' и HCO_3' свыше одной трети суммарного содержания ионов Cl' и SO_4''.

4. В качестве наименьшей степени засоления, при которой используемые для возведения земляного полотна грунты рассматривают как засоленные, взамен степени засоления, принятой в настоящее время, 0,3%, рекомендуется принять 0,5%, учитывая, что при меньшей степени засоления легкорастворимые соли практически не оказывают влияния на физико-механические свойства грунта.

В соответствии с фактическими данными исследований о влиянии солей на физико-механические свойства грунтов и с результатами многолетних наблюдений за водно-солевым режимом и устойчивостью земляного полотна дорог, построенных в условиях распространения грунтов с высокой степенью засоления, предельное допустимое содержание легкорастворимых солей в грунте, используемом для возведения земляного полотна, предлагается повысить: при хлоридном и сульфатно-хлоридном засолении - от 8 до 10%, при сульфатном и хлоридно-сульфатном засолении - от 5 до 8%.

6. Рекомендуется следующая классификация засоленных грунтов по степени засоления (табл.8):

Таблица 8

Наименование грунтов	Среднее суммарное содержание солей в используемом слое грунта, % по весу	
	хлоридное и сульфатно-хлоридное засоление	сульфатное, хлоридно-сульфатное засоление
Слабозасоленные	0,5-2,0	0,5-1,0
Среднезасоленные	2,0-5,0	1,0-3,0
Сильнозасоленные	5,0-10,0	3,0-8,0
Избыточнозасоленные	> 10,0	> 8,0

7. В соответствии с ранее проведенными исследованиями Среднеазиатского филиала Союздорнии предлагается повысить максимальное допустимое содержание труднорастворимых солей (гипса) в грунтах, отсыпаемых в насыпь, при I и 2 типах местности от 30 до 40%; при 3 типе местности-от 20 до 30%.

8. Степень засоления грунтов учитывается при выборе норм проектирования земляного полотна и мероприятий, повышающих его устойчивость, в соответствии с § 72-81 ВСН 97-63.

9. Избыточнозасоленные грунты для возведения земляного полотна дорог с усовершенствованными покрытиями применять не рекомендуется. В виде исключения допускается использование грунтов избыточного засоления, содержащих на 1-2% солей более, чем указано в настоящих "Предложениях", при возведении земляного полотна дорог У категории с переходными покрытиями, при условии обеспечения водоотвода. В остальных случаях при прохождении трассы по участкам местности с избыточнозасоленными грунтами необходимо руководствоваться ВСН 97-63.

10. Настоящие "Предложения" распространяются на У дорожно-климатическую зону и на область применения засоленных грунтов как материала для возведения земляного полотна. Для других дорожно-климатических зон и областей применения засоленных грунтов (например, для их укрепления вяжущими) впредь до накопления соответствующих экспериментальных данных и практического опыта рекомендуется пользоваться действующими классификациями засоленных грунтов (ВСН 97-63, СН 25-64).

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3

I. Результаты лабораторных исследований физико-механических свойств засоленных грунтов . . . 5

Влияние солей на величину предельного сопротивления сдвигу лессовидного грунта . . 5

Влияние солей на компрессионные свойства грунта 13

2. Результаты полевых наблюдений за водно-солевым режимом и устойчивостью земляного полотна, возведенного на засоленных и гипсированных грунтов 17

3. Предложения по уточнению классификации засоленных грунтов для дорожного строительства. . 19

gost.e-ecolog.ru