

ПРОГРАММА РАБОТЫ ПО ВОПРОСАМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СОСРЕДИННО-ПРАВОЙ ТОРОВОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

9 6 6

МИНИСТЕРСТВО
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
С С С Р

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
С О Ю З Д О Р Н И И

Предложения

**по уточнению классификации
засоленных грунтов для дорожного
строительства**

М О С К В А 1 9 8 6

ПРЕДИСЛОВИЕ

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 легко-растворимые 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 при этом грунтовыми.

"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, принимали 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

1. 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.

Исследования с помощью конического пластометра. Этот метод разработан акад. П.А.Резиндером¹⁾. 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:

$$K_{30}=0,959; K_{45}=0,416; K_{60}=0,274 \text{ } ^1).$$

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 допустимым 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).

1) Резиндер П.А. и Семенов А.А. О методе погружения конуса для характеристики структурно-механических свойств пластично-вязких тел. Изд-во АН СССР, т. 64, 1949, 46.

Агранат Н.Н. и Воларович М.П. О вычислении предельного напряжения сдвига дисперсных систем в опытах с коническим пластометром. Коллоид. журн., МХ, 1957, № 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/см ³	Предельное сопро- тивление сдвигу при оптимальной влажности и мак- симальной плот- ности, кг/см ²
<i>NaCl</i>			
0,5	15,0	1,79	10,0
1	15,1	1,78	10,0
2	15,2	1,78	10,0
3	14,6	1,80	7,9
4	14,6	1,81	6,8
5	13,4	1,83	7,0
8	13,2	1,85	6,4
10	12,9	1,85	5,8
13	12,8	1,83	5,6
Незасолен- ный грунт	15,0	1,79	10,1
<i>Na₂SO₄</i>			
0,5	15,0	1,79	10,0
1	15,1	1,79	10,0
2	15,1	1,79	10,1
3	15,4	1,79	7,9
4	15,7	1,78	7,7
5	16,1	1,78	6,8
8	19,2	1,68	6,1
10	22,2	1,61	4,5
13	26,0	1,52	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 ($W = 15\%$) при такой степени засоления превышает оптимальную примерно на 10–15%. Следует отметить, что для средневосточных грунтов характерно резкое снижение прочности при влажности выше оптимальной. Влияние Na_2SO_4 на пластическую проч-

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	1,79	10,0
1	1,79	9,9
2	1,79	9,8
3	1,80	6,3
4	1,81	6,3
5	1,81	6,2
8	1,80	2,3
10	1,78	2,1
13	1,78	2,1
Незасоленный грунт	1,79	10,1
Na_2SO_4 0,5	1,79	10,0
1	1,79	10,0
2	1,79	10,0
3	1,79	9,8
4	1,79	9,7
5	1,75	9,5
8	1,44	9,5
10	1,39	10,2
13	1,19	14,7

ность зависит от содержания этой соли в грунте (табл.2).

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 d'/so_4 приняты равным 1–0,3 вместо 1–0,2, 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.1).

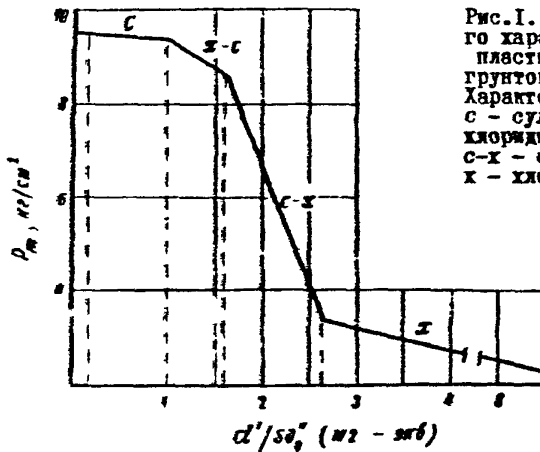


Рис.1. Влияние качественного характера засоления на пластическую прочность грунтов.

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 влажностях и объемном весе (табл.4).

Таблица 3

Влияние содержания гипса на пластическую прочность

Содержание гипса, %	Оптимальная влажность, %	Максимальный объемный вес, г/см ³	Пластическая прочность, кг/см ²	Оптимальная влажность, %	Максимальный объемный вес, г/см ³	Пластическая прочность, кг/см ²
	Мелкокристаллический ($< 0,14\text{мм}$)			Крупнокристаллический ($2-1\text{мм}$)		
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.Горькова²⁾ 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.Безрук³⁾ 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, отмываемыми от солей.

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

3) Безрук В.М., Мотилев Ю.Л., Грот А.И., Иерусалимская М.Ф., Зеленский А.И. Строительство дорог на засоленных грунтах и пористых песках. М., Автотрансиздат, 1963.

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		
		влаж- ность, %	объемный вес скелета грунта, г/см ³	пластическая прочность, кг/см ²	влаж- ность, %	объемный вес скелета грунта, г/см ³	пластическая прочность, кг/см ²
I поперечник № 1	0-10 20-30	13,9 10,9	1,59 1,64	10,6 4,0	14,5 12,9	1,67 1,61	3,9 4,2
I поперечник № 2	0-10 20-30	15,1 16,4	1,79 1,68	61,5 7,8	15,1 16,5	1,68 1,71	5,0 4,7
2	0-10 10-20	17,9 21,1	1,68 1,41	32,0 7,8	17,6 19,7	1,75 1,70	7,0 2,2
3	0-10 20-30	15,0 16,3	1,65 1,79	10,6 15,3	15,5 16,7	1,60 1,70	6,4 5,8
4	0-10 20-40	17,1 21,7	1,66 1,45	32,0 9,2	17,0 21,2	1,78 1,67	4,4 2,2
5	0-10 20-30	20,3 28,7	1,72 1,21	32,0 6,8	20,3 27,7	1,71 1,41	2,8 2,8
7	0-10 20-40	12,5 14,9	1,80 1,72	31,5 10,6	12,3 14,3	1,81 1,80	7,3 2,2

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

В результате опытов было установлено, что хлористый натрий в малых количествах (до 1%) увеличивает сопротивление грунтов сдвигу на 10%. С увеличением содержания хлористого натрия в грунте от 3 до 13% сопротивление грунта сдвигу уменьшается на 4-8% по сравнению с незасоленным грунтом.

Сернистый натрий в малых количествах (до 2%) практически не оказывает влияния на сопротивление сдвигу. Содержание в грунте 3-5% сернистого натрия понижает сопротивление сдвигу на 4-18% по сравнению с незасоленным грунтом. Дальнейшее увеличение содержания этой соли до 13% не влияет на сопротивление грунта сдвигу. Значительное снижение сдвигоустойчивости грунтов, засоленных сернистым натрием, связано с гидрофильностью иона SO_4^{2-} 4)

В грунто-солевых смесях, уплотненных при оптимальной влажности незасоленного грунта ($W = 15\%$), влияние хлористого натрия начинает проявляться с дозировки 3% (рис.2). С увеличением содержания $NaCl$ до 13% сопротивление грунта сдвигу уменьшается на 4-13%. Уменьшение сопротивления грунта сдвигу вызвано тем, что $NaCl$ понижает оптимальную влажность грунта, т.е. при этих условиях влажность была выше оптимальной на 10-15%, и часть воды находилась в свободном состоянии.

В смесях, содержащих $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ и уплотненных при оптимальной влажности ($W = 15\%$), сопротивление сдвигу возрастает по мере повышения дозировки соли. Повышение сопротивления грунта сдвигу вызвано тем, что ион SO_4^{2-} связывает часть воды и у скоагулированных низкодисперсных частиц грунта возникают сухие контакты. Такие грунты имеют больший угол внутреннего трения, а следовательно с увеличением содержания соли уменьшается.

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

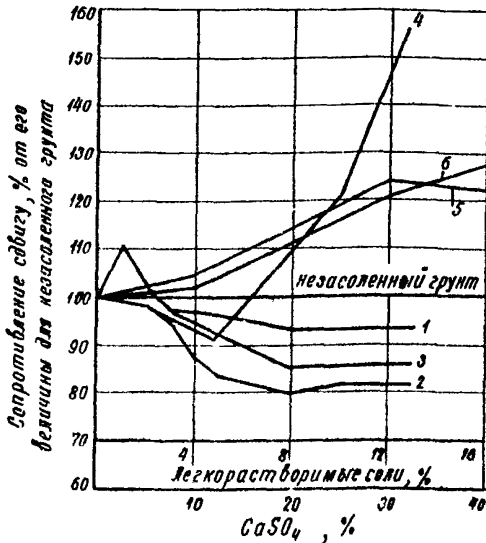


Рис.2. Влияние солей на сопротивление грунтов сдвигу:

- | | |
|--|--|
| 1- Грунт + NaCl | } при оптимальной влажности и максимальной плотности |
| 2- Грунт + Na ₂ SO ₄ | |
| 3- Грунт + CaSO ₄ мелкокр. | |
| 4- Грунт + CaSO ₄ крупнокр. | |
| 5- Грунт + NaCl | } при W = 15% |
| 6- Грунт + Na ₂ SO ₄ | |

ляющих 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 для сильно засоленных грунтов с содержанием 3-5% хлоридов.

Исследованиями установлено, что присутствие 10% 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 2-0,14 мм не оказывают влияния на сопротивление грунта сдвигу.

Грунты, содержащие 30-40% гипса, по сопротивлению сдвигу, как одному из важнейших свойств, опреде-

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/см² 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/см² 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/см² 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/см². Следовательно, нет оснований опасаться появления в земляном полотне просадочных деформаций.

Таблица 5

Сопротивление сдвигу естественных засоленных грунтов

№ пп	Место отбора образцов	Оптимальная влажность, %	Максимальный объемный вес, г/см ³	Характер засоления	Степень засоления	Содержание легко растворимых солей, %	Содержание гипса, %	Наименование грунта по гра- фометричес- кому составу	При нормальном дав- лении 3 кг/см ²		
									сдвига- ющее усилие, кг/см ²	сцеп- ление, кг/см ²	угол внут- него трения, град.
1	Хорезмская область	15,8	1,82	Сульфатно-хлоридный	Сильноза- соленный	5,11	-	Суглинок лег- кий пылеватый	2,17	0,35	32
2	Кара-Калпак- ская АССР	16,2	1,72	"	"	7,00	-	То же	2,06	0,20	32
3		20,0	1,71	Хлоридно- сульфатный	Избы очно- засоленный	6,30	-	"	1,94	0,10	32
4	Бухарская область	15,6	1,81	"	"	7,49	-	"	2,25	0,17	35
5	Кара-Калпак- ская АССР	16,5	1,77	"	"	12,85	-	"	2,57	0,27	38
6	Голодная степь	20,5	1,72	Сульфатный	Сильноза- соленный	2,74	29,3	"	2,24	0,47	31
7	" "	22,0	1,60	"	"	2,04	30,3	Пески пылеватые	2,45	0,53	36
8	" "	17,6	1,77	"	Среднеза- соленный	1,95	37,7	Супеси тяжелые пылеватые	3,20	0,57	41
9	" "	21,0	1,68	"	Сильноза- соленный	2,70	46,2	Непластичный	2,50	0,38	32
10	Бухарская область	24,6	1,61	"	"	2,70	49,1	Суглинок легкий пылеватый	3,25	0,58	39
11	" "	29,5	1,50	"	Среднеза- соленный	1,34	60,0	Непластичный	2,62	0,20	38

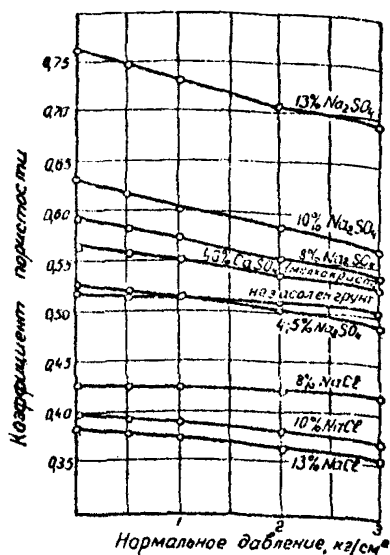


Рис.3. Влияние $NaCl$, Na_2SO_4 , $CaSO_4$ на сжимаемость грунтов

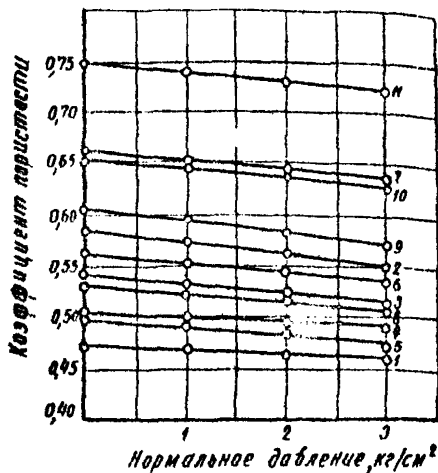


Рис.4. Сжимаемость естественно засоленных грунтов. Условные обозначения см. в табл. 5 (номера грунтов)

Определение сжимаемости различных засоленных грунтов в условиях капиллярного увлажнения проводили при разных давлениях. Минерализованную воду подвели сразу после стабилизации осадки грунта под нагрузкой. По мере осадки образца, вызванную увлажнением, до ее условной стабилизации.

Относительную просадочность грунта $i_{пр}$ при заданном давлении рассчитывали по формуле⁵⁾

$$i_{пр} = \frac{h_1 - h_2}{h_0},$$

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 18% $NaCl$, 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-, избыточнозасоленных 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/см ²			
	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 ₂ SO 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, Na₂SO₄ 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% CaSO₄ и 4-10% Na₂SO₄, относятся к непросадочным и практически мало сжимаются под нагрузкой 3 кг/см². Избыточнозасоленные грунты, содержащие 13% Na₂SO₄, 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 α'/α'' , 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, ВОЗНИКАЮЩИХ 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 соленакпления 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 $\lambda = 0,1-360 \text{ кг/см}^2$, при $\lambda = 0,2-300 \text{ кг/см}^2$ и для сильнозасоленных грунтов соответственно 350 и 335 кг/см^2 х). 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

х) 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) Мошляев 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., Совгосдорнии, 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, № 6.

Таким образом,

1. Полевые наблюдения за водно-солевым режимом и устойчивостью земляного полотна автомобильных дорог, построенных в условиях распространения засоленных и гипсованных 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 на засоленных и гипсованных грунтах, 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

1. 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 водостойчивости.

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'' выше одной трети суммарного содержания ионов Cl' и SO_4'' .

4. В качестве наименьшей степени засоления, при которой используются 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

	<u>Стр.</u>
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 гипсованных грунтах	17
8. Предложения по уточнению классификации засоленных грунтов для дорожного строительства. .	19