

МИНИСТЕРСТВО
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
С С С Р

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

П р е д л о ж е н и я
по уточнению классификации
засоленных грунтов для дорожного
строительства

М О С К В А 1966

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 и качественном характере соответствуют разные нормы проектирования земляного полотна и мероприятия по повышению его устойчивости, от принятой классификации засоленных грунтов в количественном 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, почевых 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 пригодными 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, тоц. 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 просят направлять в Союздорнии: Московская обл., Балашиха-6 или в Среднеазиатский филиал Союздорния: Ташкент, 32, ул.40 лет Комсомола,22.

Директор Союздорния
кандидат технических наук - В.Михайлов

I. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТОВ

Влияние солей на величину предельного сопротивления сдвига лессовидного грунта

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

Исследование с помощью конического пластометра. Этот метод разработан акад. П.А.Ребиндером¹⁾. Предельное сопротивление сдвига (пластическую прочность) вычисляли по формуле

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

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).

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

Агракат Н.Н. и Боларозич М.Л. О вычислении предельного изгибаения сдвига дисперсных систем в опытах с коническим пластометром. Коллектив., Ук., 1967, 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/см ³	Предельное сопро- тивление сдвигу при оптимальной влажности и мак- симальной плот- ности, кг/см ²
$NaCl$			
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
Чезасолен- ный грунт	15,0	1,79	10,1
Na_2SO_4			
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 среднеазиатских 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 Cl'/SO_4' , приняли равным 1-0,3 вместо 1-0,2, а для сульфатного < 0,3 вместо < 0,2. Однако для дорожного строительства этот принцип не основан. Поскольку автомобильная дорога является инженер-

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

Полученные данные зависимости пластической прочности засоленных легких пылеватых суглинков от соотношения ионов хлора и сульфат-ионов в легкорастворимых солях, содержащихся в грунте, положены в основу разделения грунтов по качественному характеру засоления (рис.1).

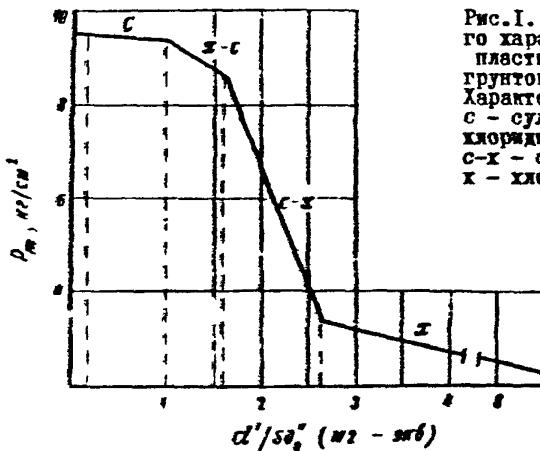


Рис.1. Влияние качественного характера засоления на пластическую прочность грунтов.
Характер засоления:
с - сульфатный; х-с - хлоридно-сульфатный;
с-х - сульфатно-хлоридный;
х - хлоридный

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 влажности 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	Пластичная прочность, кг/см ²
Мелкокристаллический (< 0,14мм)						
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 отмыки 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 Н.Ф., Зинченко А.И. Строительство дорог из засоленных грунтов и вязких песков. М., Автотрансиздат, 1958.

Таблица 4

Пластическая прочность естественно засоленных грунтов
с ненарушенной и нарушенной структурой

Участок наблюдений	Глубина взятия образцов от дна якорта, см	Грунты с ненарушенной структурой			Грунты с нарушенной структурой		
		влажность, %	объемный вес скелета грунта, г/см ³	пластическая прочность, кг/см ²	влажность, %	объемный вес скелета грунта, г/см ³	пластическая прочность, кг/см ²
I поперечник № 1	0-10	13,9	1,59	10,6	14,5	1,67	3,9
	20-30	10,9	1,64	4,0	12,9	1,61	4,2
I поперечник № 2	0-10	15,1	1,79	61,5	15,1	1,68	5,0
	20-30	16,4	1,68	7,8	16,5	1,71	4,7
2	0-10	17,9	1,68	32,0	17,6	1,75	7,0
	10-20	21,1	1,41	7,8	19,7	1,70	2,2
3	0-10	15,0	1,65	10,6	15,5	1,60	6,4
	20-30	16,3	1,79	15,3	16,7	1,70	5,8
4	0-10	17,1	1,66	32,0	17,0	1,78	4,4
	20-40	21,7	1,45	9,2	21,2	1,67	2,2
5	0-10	20,3	1,72	32,0	20,3	1,71	2,8
	20-30	28,7	1,21	6,8	27,7	1,41	2,8
7	0-10	12,5	1,80	31,5	12,3	1,81	7,3
	20-40	14,9	1,72	10,6	14,3	1,80	2,2

Исследования сопротивления засоленных грунтов сдвигу (на приборе Гидропроекта). Значение 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.

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 4-18% по сравнению с незасоленным грунтом. Дальнейшее увеличение содержания этой соли до 13% не влияет на сопротивление грунта сдвигу. Значительное снижение сдвигостойчивости грунтов, засоленных сернокислым 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 дозировкой 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 сколаурированных низкодисперсных частиц грунта возникают сухие контакты. Такие грунты имеют больший угол внутреннего трения, а снижение с увеличением содержания соли уменьшается.

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

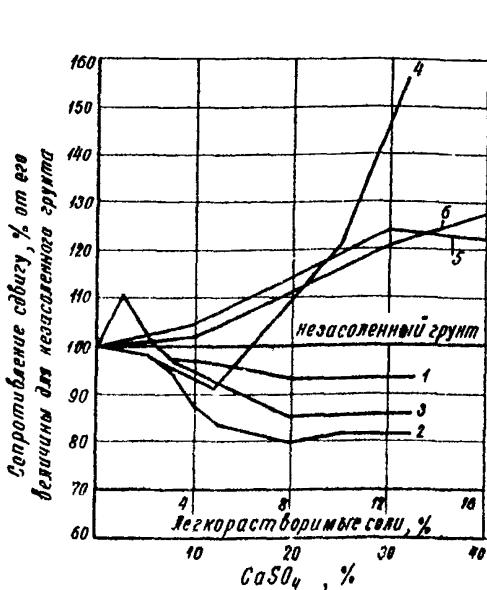


Рис.2. Влияние солей на сопротивление грунтов сдвигу:

- 1- Грунт + $NaCl$
 2- Грунт + Na_2SO_4
 3- Грунт + $CaSO_4$ мелкокрист.
 4- Грунт + $CaSO_4$ крупнокрист.
 5- Грунт + $NaCl$
 6- Грунт + Na_2SO_4
- } при оптимальной влажности и максимальной плотности
- } при $W = 15\%$

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 Каракалпакской АССР и Гелодной степи, свидетельствуют о том, что сдвигающие усилия, сцепление и угол внутреннего трения этих грунтов значительно отличаются от аналогичных характеристик избыточнозасоленных грунтов с содержанием 3-5% хло-

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 позволяет 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 дозировкой 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, %	Изводимый объемный вес, г/см ³	Характер засоления	Степень засоления	Содержание лег- кородственных солей, %	Содержание гипса, %	Наименование грунта по гра- дусам и логариф- ческому составу	При нормальном дав- лении 3 кг/см ²		
									сцеп- ление кг/см ²	угол внут- рен- него трения, град.	
1	Хорезмская область	15,3	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
8		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
II	-"-	29,5	1,50	-"-	Среднеза- соленный	1,84	60,0	Непластичный	2,62	0,20	38

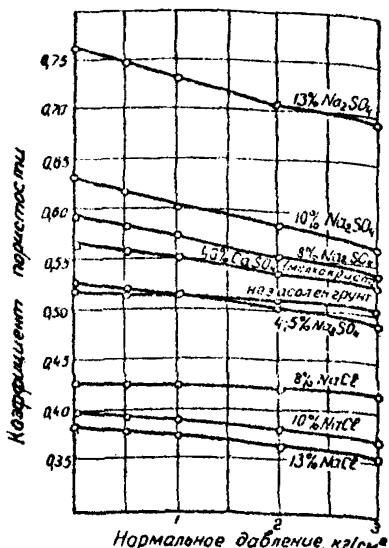


Рис.3. Влияние $NaCl$, Na_2SO_4 , $CaSO_4$ на сжимаемость грунтов

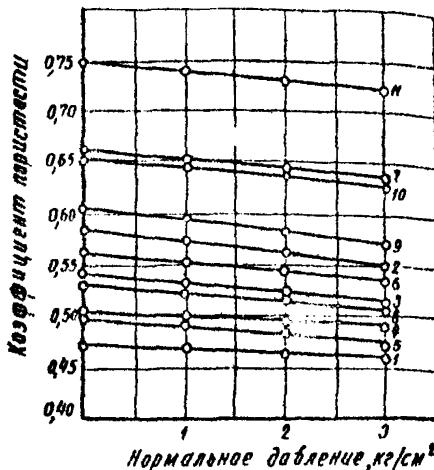


Рис.4. Сжимаемость естественно засоленных грунтов.
Условные обозначения см.
в табл. 5 (номера грунтов)

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

Относительную просадочность грунта ϵ_{np} при заданном давлении рассчитывали по формуле⁵⁾

$$\epsilon_{np} = \frac{h_1 - h_2}{h_0},$$

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 , до 40% $CaSO_4$, относятся к непросадочным (табл.6).

С целью выявления влияния минерализованных и неминерализованных грунтовых вод на плотность искусственно и естественно сильнозасоленных 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 засоленном грунте, %	Накапливаемое увлажнение минерализованной водой при нагруженках, кг/см ²	
	1,0 <i>i</i> _{пр.} Просадочность	2,0 <i>i</i> _{пр.} Просадочность
-	0,0006 Непросадочный	0,0001 Непросадочный
8 <i>NaCl</i>	0,0020 "-"	0,0014 "-"
10 <i>—</i>	0,0024 "-"	0,0014 "-"
12 <i>—</i>	0,0020 "-"	0,0028 "-"
5 <i>Na₂SO₄</i>	0,0038 "-"	0,0033 "-"
8 <i>—</i>	0,0040 "-"	0,0035 "-"
10 <i>—</i>	0,0041 "-"	0,0115 "-"
13 <i>—</i>	0,0233 Просадочный	-"-
40 <i>CaSO₄</i>	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:

- Легкорастворимые соли в количестве 0,5% не оказывают влияния на физико-механические свойства грунтов. Поэтому грунты, содержащие указанное количество солей, можно относить к незасоленным.
- 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 проницаемость 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 изменениях прочностных свойств грунтов (пластическая прочность) в зависимости от процента соотношения ионов $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$, выраженных в инициализентах. Границные 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, ПОСТРОЕННОГО ИЗ ЗАСОЛЕНИХ 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% Ca^{2+} , 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). В течение всего периода наблюдений относительная влажность в слое грунта толщиной 0,5 м от дна корыта на большей части участков наблюдалась 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 избыточновасоленным, 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) Могилев Ю.Л., Бутлицкий Ю.В., Ступакова Л.Ф., Федосеева Т.И., Пульгина В.П. Исследование устойчивости земляного полотна из засоленных грунтов. Ч., Автотрансиздат, 1963.

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

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

Ступакова Л.Ф., Смолина Л.Б. Плотность и пластическая прочность избыточновасоленных 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,

1. 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 повышенено.

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 УТСЧИНЕНИЮ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ ДОРЖЕНСКОГО 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^{2-} .

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^{2-}
Хлоридное	$> 2,5$
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 Cl^- и SO_4^{2-} выше одной трети суммарного содержания ионов Cl^- и SO_4^{2-} .

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).

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	<u>Стр.</u>
предисловие	3
1. Результаты лабораторных исследований физико-механических свойств засоленных грунтов	5
Влияние солей на величину предельного сопротивления сдвигу лессослюдного грунта	5
Влияние солей на компрессионные свойства грунта	13
2. Результаты полевых наблюдений за водно-солевым режимом и устойчивостью земляного покрова, возведенного из засоленных и гипсированных грунтов	17
3. Предложения по уточнению классификации засоленных грунтов для дорожного строительства	19