

## ВЛИЯНИЕ НАКОПЛЕНИЯ СОЛЕЙ НА РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГРУНТА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

А. Д. Каюмов<sup>1)</sup>, Р. М. Худайкулов<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Ташкентский государственный технический университет имени  
Ислама Каримова, г. Ташкент, ул. Университетская 2, abdubakimg@mail.uz

<sup>2)</sup> Ташкентский государственный транспортный университет,  
100167, г. Ташкент, Мирабадский район, ул. Темирийулчилар 1, rektorat@tstu.uz

В данной статье приведены результаты изучения влияния накопления солей на расчетные показатели грунта земляного полотна. Разработана схема для определения наименьшего возвышения бровки земляного полотна на засоленной местности.

**Ключевые слова:** грунт, засоление, земляное полотно, насыпь, автомобильная дорога, коэффициент уплотнения, соль, увлажнение, плотность, уплотнение.

Рост интенсивности, грузоподъемности транспортных средств, скорости движения автомобилей и поездов предъявляет к транспортным сооружениям повышенные требования. В частности, большое значение приобретает ровность поверхности дорожных покрытий. В настоящее время дорожное строительство развивается в направлении увеличения прочности и долговечности дорог, что обуславливает применение для устройства дорожных одежд дорогостоящих материалов и усложняет технологию. Сегодня в Республике Узбекистан около 98% пассажиров и более 88% грузов перевозятся автомобильным транспортом на автомобильных дорогах. Сегодня общая протяженность дорожной сети Республики Узбекистан составляет 184 тыс. км, из них 42695 км автомобильных дорог общего пользования, 116560 км внутренних дорог, 24745 км ведомственных дорог. В сети автомобильных дорог общего пользования дороги местного значения составляют 51,7%, дороги с капитальным покрытием 52,9%, дороги с двумя полосами движения 76,4%, дороги с IV и V категориями 63,8%. [1].

Однако вложенные средства и затраченные усилия оказываются напрасными, если земляное полотно недостаточно устойчиво. В этих случаях быстро утрачивается также и приданная в процессе строительства ровность дорожного покрытия. Поэтому в условиях современного строительства устройству прочного и устойчивого земляного полотна, являющегося фундаментом транспортного сооружения, уделяется особенно большое внимание. Одним из важнейших мероприятий, обеспечивающим устойчивость транспортного сооружения, в том числе земляного полотна, является уплотнение. От степени уплотнения грунта земляного полотна во многом зависит и состояние дороги. Плотность грунта непосредственно влияет на водно-тепловой режим земляного полотна и прочность грунтового основания [2, 3].

Засоленные грунты распространены в основном в сухих засушливых зонах и составляют 240 млн. гектаров площади всего земного шара. Евразийский регион расположен на территории Восточной Европы, Центральной Азии и Кавказа и включает в себя Армению, Азербайджан, Белоруссию, Грузию, Казахстан, Киргизию, Молдавию, Россию, Таджикистан, Турцию, Туркменистан, Украину и Узбекистан. Евразийский регион разнообразен с точки зрения климатических условий, грунтов, флоры и фауны, землепользования и деятельности человека [4]. Деградация грунтов является серьезным вызовом в регионе; к наиболее разрушительным её проявлениям относятся засоление, эрозия, потеря органического вещества грунта, питательных веществ и биологического разнообразия, а также переуплотнение грунтов, которые широко используются при строительстве земляного полотна автомобильных дорог (рис-1,2.).



Рис. 1. Земляное полотно из засоленного грунта



Рис. 2. Кристаллы соли в составе грунта

Все грунты, подвергшиеся влиянию солей, делятся на четыре большие группы: 1. Солончаки; 2. Солончаковые и солончаковатые грунты (в том числе сероземные, бурые и полупустынные, каштановые и др.); 3. Солонцы; 4. Такыры.

Анализ литературных материалов показывает что, при засолении грунтов применяемых в земляном полотне очень часто встречаются следующие соли:  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ ,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ,  $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ ,  $NaHCO_3$ ,  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ ,  $CaCO_3$  и  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  и другие [5, 6].

Допустимое содержание солей в грунте земляного полотна определяется их количеством, которое может быть растворено в воде, заполняющей поры грунта, уплотненного при оптимальной влажности. Классификация засоленных грунтов по пригодности для дорожных работ [6] приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Классификация засоленных грунтов

Степень засоления грунтов	Среднее содержание солей в используемом слое грунта, % по массе при засолении		Возможность использования в дорожном строительстве при устройстве	
	хлоридно-сульфатно-хлоридном	сульфатно-хлоридно-сульфатном и содовом	земляного полотна	оснований из грунта, укрепленного вяжущими
слабозасоленные	0,8-3,0	0,8-1,5	пригодны	
среднезасоленные	3,0-6,0	1,5-4,0	пригодны	пригодны с ограничением
сильнозасоленные	6,0-11,0	4,0-10,0	пригодны с ограничением	непригодны
избыточно-засоленные	>11,0	>10,0	непригодны	

Глубину залегания соленых грунтовых вод, при которой начинается быстрое засоление почв, академик Б.Б. Полюнов предложил назвать критической. Если она не

достигнута, засоление не происходит или развивается медленно, и тогда в борьбе с ним можно пользоваться несложными приемами. Когда глубина равна или выше критической, засоление развивается быстро и бороться с ним значительно сложнее.

Критическая глубина зависит от нескольких причин и прежде всего от свойств почвы. В песчаных почвах она невелика, так как высота поднятия в толстых капиллярах песков небольшая. Значительнее она у супесчаных и суглинистых грунтов, где имеются средние капилляры, подающие воду на большую высоту и достаточно быстро. У тяжелых глинистых почв эта глубина может оказаться меньшей вследствие затрудненной и медленной подачи растворов по очень тонким капиллярам. Известно, что капиллярное движение воды к поверхности возможно с глубины 7-9 м. Но соленакопление в этом случае происходит настолько медленно, что только в исключительно благоприятных для этого условиях и за очень длительный срок может вызвать существенное засоление. Обычно оно перекрывается рассоляющим действием воды атмосферных осадков.

Практически засоление грунтов суглинистого состава в очень засушливых областях впервые выявляется при глубине подпочвенных вод около 4-5 м. Но и в этом случае растворы достигают поверхности лишь по самым тонким порам, часто в виде медленно перемещающихся по их стенкам пленок. Засоление за счет такой подачи может быть лишь незначительным. Несколько активнее она пойдет при глубине грунтовых вод в 3-4 м. Поднимаясь по тонким капиллярам в верхние, более нагретые летом слои, растворы испаряются, отчего часть солей может выпасть в осадок. Возникает слабое засоление. Вначале она бывает не сплошным, обнаруживаясь лишь там, где испарение идет быстрее, например на незатененных растениями пятнах или на обдуваемых ветром бугорках. Небольшая часть растворов испаряется внутри почвы, отчего возможно на некоторой глубине выпадение в осадок некоторого количества менее растворимых солей, в частности извести и гипса.

Осенние и зимние осадки промывают почву, и к весне при слабом местном засолении верхние горизонты окажутся пресными; однако летом засоление возобновится. Так возникает сезонно-обратимое пятнистое засоление.

В случае, когда грунтовые воды располагаются на глубине 2-3 м, растворы от них достигнут верхних слоев через большее количество капилляров. Подача влаги вверх ускорится, размеры соленакопления за летний период возрастут. Осенне-зимних осадков может оказаться недостаточно, чтобы полностью сбросить вниз соли, собравшиеся за лето в верхних горизонтах.

Накопление соли существенно влияет на прочностные показатели грунтов земляного полотна. Для определения наименьшего возвышения бровки земляного полотна в засоленной местности с учетом уровня грунтовых вод авторами разработана схема (рис. 3).

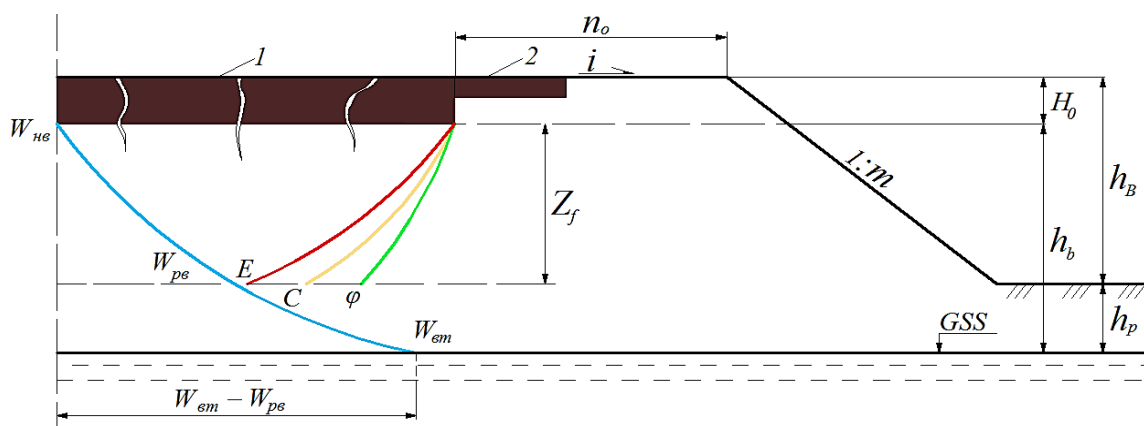


Рис-3. Расчетная схема-конструктивное решение дорожной насыпи:

1- проезжей часть, м; 2-ширина укрепленной части обочины, м;  $W_{не}$  - начальная влажность, равная оптимальной влажности при уплотнении грунта земляного полотна,%;  $W_{рв}$  - расчетная влажность,%;  $W_{вт}$  - влажность при текучести грунта,%;  $E$  - модуль упругости, МПа;  $C$  - удельное сцепление, МПа;  $\varphi$  -

угол внутреннего трения, град;  $Z_a$  - активная зона, м;  $n_0$  - ширина обочины, м;  $i$  - уклон обочины; УГВ - уровень грунтовых вод.

По предложенной схеме активная зона находится на некотором расстоянии ниже от поверхности покрытия дороги и выше от уровня грунтовых вод. В данном случае увлажнение происходит за счет капиллярного поднятия грунтовых вод. Уровень грунтовых вод может меняться во времени.

Анализ схемы приведенной на рис.3 даёт возможность написать следующее выражение, в котором видно, что прочностные, в том числе и деформационные показатели засоленных грунтов, которые используются при проектировании конструкции дорожной одежды зависят от плотности, влажности, степени засоления, а также от вида солей:

$$\varphi, c, E = f(K_{yn}, W_{pac}, N, A);$$

где,  $K_{yn}$  - коэффициент уплотнения грунтов;  $W_{pac}$  - расчетная влажность, %;  $N$  - степень засоления;  $A$  - вид солей.

#### Литература

1. Уроқов А.Х. Ўзбекистон Республикаси ҳудудини йўлга оид туманлаштиришнинг методологик асослари. Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси автореферати. Тошкент-2020 й. 60 б.
2. Каюмов А.Д., Худайкулов Р.М. Расчетные характеристики засоленных грунтов. "Строительная механика инженерных конструкций и сооружений" Журнал №2 Москва-2016 г. с. 68-75.
3. Kayumov Abdubaki, Hudaykulov Rashidbek, Makhmudova Dilfuza, Kayumov Dilshod. Impact of repeated loads on saline soils of earth roadbed. E3S Web of Conferences 264, 02010 (2021) CONMECHYDRO-2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402010>
4. Борьба с деградацией земель для обеспечения продовольственной безопасности и сохранения услуг, предоставляемых почвенными экосистемами, в Европе и Центральной Азии-Международный год почв, Будапешт, Венгрия, 22 и 23 сентября 2015 г.
5. Научно-технический отчет по теме «Теоретическое и практическое исследование влияния различного качества и количества солей в грунте на их водно-физические и механические свойства». – Ташкент, 2012. – Ч.1. - 90 с.
6. Худайкулов Р.М. «Обоснование расчетных характеристик засоленных грунтов насыпей земляного полотна». Диссертация на доктора философии (PhD) по техническим наукам. Ташкент-2018 г. 134 с.

УДК 625.76.031

## **К ВОПРОСУ УТОЧНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА**

Р. М. Худайкулов, Д.А. Махмудова, Рахмонов Ж.Ф.  
Ташкентский государственный транспортный университет,  
100167, г. Ташкент, Мирабадский район, ул. Темирийулчилап 1, rektorat@tstu.uz

В данной статье приведена расчетная схема дорожной насыпи для определения расчетных показателей дорожных насыпей из засоленных грунтов в условиях Узбекистана. А также приведены результаты изучения влияния накопления солей на расчетные показатели грунта земляного полотна, графическое изображение зависимости прочностных показателей засоленного грунта от количества засоления и влажности.