

Б.С. Юшков, Е.В. Калинина, И.Ю. Мальцев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

УКРЕПЛЕНИЕ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ГРУНТОВ ИЗВЕЩЬЮ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Рассматривается влияние извести на структурно-деформационные свойства переувлажненного грунта.

Ключевые слова: грунт, известь, окись кальция, гидратация.

В практике транспортного строительства зачастую приходится возводить земляное полотно автомобильных и железных дорог, а также оснований фундаментов в районах, где преобладающим видом грунтов являются переувлажненные грунты. Замена этих грунтов привозным значительно повышает стоимость строительства. Так, например, дорожно-строительные организации «Пермдорстрой», «Перминж-сельстрой» и другие испытывают большие трудности при разработке выемок в условиях переувлажнения глинистых грунтов и при обеспечении устойчивости земляного полотна в этих условиях. Как известно, при уплотнении грунта количество воды в нем должно соответствовать оптимальной влажности $W_{оп}$ ($W_{оп}$ – оптимальная влажность, определенная в приборе стандартного уплотнения СоюздорНИИ). Увеличение влажности ухудшает условия уплотнения и разработки грунта.

Основной путь приведения переувлажненных грунтов в удобообрабатываемое состояние заключается в повышении сцепления грунтовых частиц путем удаления или связывания избыточной воды. Для удаления избыточной воды могут быть применены следующие методы обработки грунта: аэрация, термический метод, электрообработка, механические методы (вибровоздействие, вакуумирование, ударные нагрузки или их различные комбинации). Для связывания избыточной воды применяются физические (введение инертных добавок) и химические методы (реагенты, связывающие воду и взаимодействующие с минеральной частью грунта).

Химические методы наиболее эффективны. Для практического использования этих методов имеются достаточно подробно разработанные теоретические предпосылки, а также большой ассортимент веществ, которые можно было бы использовать для обработки переувлажненных грунтов. Имеются и средства механизации для введения этих веществ в грунт и перемешивания компонентов в смеси.

Распространено мнение, что водосвязывающий эффект при укреплении переувлажненных грунтов известью обусловлен химическим связыванием воды при гидратации окиси кальция. Однако проведенные исследования показывают, что водосвязывающий эффект определяется главным образом физико-химическим поглощением ионов кальция коллоидной частью грунтов с образованием продуктов, связывающих воду [1]. Причем процесс связывания воды протекает интенсивнее (в сотни раз), чем адсорбция извести [2]. Чем больше грунт содержит коллоидной фракции, тем больше поглощается извести и тем больше связывается воды. К тому же новообразования (продукты взаимодействия коллоидной фракции, извести и воды), образуя упругий каркас, блокируют молекулы воды. Химическое же связывание воды за счет гидратации окиси кальция имеет второстепенное значение. Так, при введении 2 % СаО в пылеватый суглинок с влажностью 35 % химически связывается 0,64 % воды, тогда как грунт за счет адсорбционного связывания воды подсушивается и по своим физическим свойствам близок к оптимально влажному ($\approx 25\%$), т.е. в связанное состояние в общем переходит 10 % воды. Роль СаО и Са(ОН)₂ в процессе подсушивания грунта равнозначная. Однако их необходимо приводить к единому эквиваленту. Для этого значение, выражающее содержание извести в Са(ОН)₂, умножают на 0,75 (отношение молекулярных весов) и полученную величину прибавляют к показателю, выражающему содержание в извести СаО. Так, если негашеная известь содержит 74 % СаО и 6 % Са(ОН)₂, то расчетная часть СаО определится следующим образом:

$$D_{\text{СаО}} = 74 + 0,75 : 6 = 78,6 \%$$

Практически при влажности глинистых грунтов 0,7–0,75 от границы текучести достаточно ввести известь в количество 2–4 % (по СаО) от веса грунта, чтобы можно было производить его разработку или уплотнение.

Для указанной оптимальной дозировки были опеределены оптимальная влажность, сдвиговые характеристики и набухание, которые являются одними из основных при исследовании устойчивости основания и

земляного полотна. Эти данные, приведенные в табл. 1, показывают, что несущая способность глинистых грунтов, находящихся в переувлажненном состоянии, после обработки их известью значительно увеличивается.

Таблица 1

Основные характеристики при исследовании устойчивости основания и земляного полотна

Состав смеси		Угол внутреннего трения, град	Сцепление, кг/см ²	Набухание, % (по объему)
грунт	дозировка извести (по СаО), % (от веса грунта)			
Легкий пылеватый суглинок $W_T = 23,8$	0	40°30'	0,166	–
	2	45°00'	0,250	–
Пылеватый суглинок $W_T = 25,9$	0	27°10'	0,365	1,02
	2	33°40'	0,300	0,30
Пылеватая глина $W_T = 48,6$	0	31°00'	0,292	0,80
	2	39°10'	0,411	0,25

Для проверки полученных лабораторных данных и отработки технологии производства работ в тресте «Пермдорстрой» были проведены опытно-экспериментальные работы при строительстве автомобильной дороги – подъезда к Голдыревскому нефтяному месторождению. На этой дороге на участке ПК 0+1+50 была разработана выемка глубиной 3 м в глинах, находившихся в переувлажненном состоянии. Выемка разработана бульдозером на глубину, на 0,5 м большую, чем требовалось по проекту. Затем произведено послойное укрепление грунта (3 слоя по 0,25 м) с таким расчетом, чтобы грунт, слагающий верхнюю зону земляного полотна, был укреплен на толщину 0,75 м. На захватку автосамосвалами завозили негашеную известь, отходы производства Березниковского содового завода, отвечающую требованиям ГОСТ 9179–70. При большом переувлажнении, которое не позволяло автосамосвалам самостоятельно передвигаться по земляному полотну, применяли гусеничный трактор. Для распределения извести на кузовах автосамосвалов приваривали цепи, с помощью которых можно было изменять ширину открывания заднего борта машины и регулировать, таким образом, количество высыпаемой извести. Дозировка извести принималась равной 2–3 % от веса грунта, т.е. 40–60 кг на 1 м³ обрабатываемого грунта. При ширине высыпаемой автосамосвалом полосы около 2,5 м количества извести, доставляемой одним самосвалом

(6–7 т), было достаточно на полосу длиной 150–170 м. Перемешивание извести с грунтом осуществляли фрезой Д-530. Фреза производила операцию перемешивания за 1–2 прохода по следу на всю толщину обрабатываемого слоя в 20–25 см.

После введения в грунт извести в течение первых 15–20 мин происходило изменение его физического состояния: грунт терял липкость, приобретал комковатую структуру, становился менее влажным. По нему беспрепятственно осуществлялось движение дорожно-строительных машин и автотранспорта.

При применении автогрейдера для перемешивания грунта с известью технология перемешивания была несколько иной. Сначала автогрейдер ножом с углом поворота отвала около 20–30° нарезал в грунте борозды на расстоянии 0,5–0,6 м друг от друга. Разрыхленный грунт, частично перемешанный с известью, перемещался на левую половину земляного полотна. На правой половине производили выемку грунта автогрейдера на всю толщину слоя (20–25 см) и перемещали выбранный грунт на левую сторону. Здесь образовывался валик из грунта, перемешанный с известью. Грунт, как уже отмечалось, при этом изменяет свои свойства, теряет излишнюю влагу, перестает быть липким и пластичным, становится удобообрабатываемым и легко перемещается под ножом автогрейдера. Затем автогрейдером перемещали валик обработанного грунта на правую половину земляного полотна, а на левой производили выемку грунта на требуемую глубину. Этот грунт перемещали на правую сторону. Операции по зарезанию и выемке грунта автогрейдером требуют большого количества проходов машины, поскольку ее мощности хватает на срезание переувлажненного глинистого грунта слоями толщиной около 3–5 см. Качество перемешивания грунта с известью с помощью автогрейдеров было несколько хуже, чем при перемешивании фрезой.

После окончания операции перемешивания грунт, обработанный известью, распределялся автогрейдером по всей ширине земляного полотна в соответствии с требуемой толщиной.

Уплотнение слоя производили пневмокатком Д-551 весом 20 т. Для достижения требуемой плотности грунта (0,95 от максимальной) необходимо было произвести около 10–12 проходов катка по одному следу.

Особенностью производства работ по обработке глинистых грунтов негашеной известью является то, что уплотнение обработанного грунта необходимо производить не сразу же после перемешивания грунта с известью, а не ранее чем через 3–4 ч после окончания этой операции. Это время необходимо для того, чтобы полностью закончились реакции га-

шения извести, при которой происходит увеличение извести в объеме. Если грунт рано уплотнить, то после окончания указанной реакции он частично разуплотнится и необходимо будет производить его дополнительное уплотнение. После уплотнения грунта производили окончательное планирование готового участка автогрейдером.

После окончания уплотнения первого слоя грунт вывозили из резерва автосамосвалами из расчета толщины слоя в плотном теле не более 25 см. Грунт автогрейдером распределяли на всю ширину земляного полотна равномерным слоем, а процесс укрепления грунтов известью повторялся в той же последовательности.

Весной 2010 г. был обследован участок земляного полотна протяженностью 2 км, построенный в конце 2007 г. на автомобильной дороге Чернушка – Куеда. На этом участке, проходящем как в выемке, так и в насыпи, в период строительства верхний слой земляного полотна был переувлажнен. Для уменьшения влажности и укрепления грунта земляного полотна добавляли известь в количестве 2 % от веса грунта. Грунт обрабатывался этим вяжущим на всю ширину земляного полотна слоем толщиной 25 см с помощью фрезы Д-530 по описанной выше технологии. При визуальном осмотре во время обследования асфальтобетонное покрытие на этом участке находилось в хорошем состоянии, трещины на нем отсутствовали. В то же время на соседних участках, там, где дорожная одежда частично была уложена на переувлажненное земляное полотно, имели место просадки и разрушения дорожной одежды. На этих участках уже был выполнен ямочный ремонт. На проезжей части дорог и посередине обочины были заложены шурфы на глубину до 1 м от поверхности покрытия для послойного определения влажности грунтов земляного полотна и их прочности.

Результаты обследования (табл. 2) показали, что слои земляного полотна, построенные из переувлажненных глинистых грунтов, обработанных известью, имеют влажность, не превышающую оптимальную, а плотность их выше максимальной, определенной методом стандартного уплотнения. Прочность при вдавливания конуса у таких грунтов во всех случаях была выше 25 кг/см^2 . Необходимо отметить, что аналогичные показатели у нижележащих слоев земляного полотна (до 1 м) также не отличаются от оптимальных значений для необработанного грунта. В то же время на других участках, где обработка переувлажненных глинистых грунтов известью не производилась, влажность грунтов земляного полотна была повышенной, плотность – ниже требуемой, а прочность при вдавливания конуса – ниже 15 кг/см^2 .

Таблица 2

Результаты обследования слоев земляного полотна

Участок, км	Тип земляного полотна	Влажность (%) на глубине от поверхности покрытия			Объемный вес скелета грунта (г/см ³) на глубине от поверхности покрытия			Прочность при вдавливании конуса (кг/см ²) на глубине от поверхности покрытия			Примечание
		50 см	75 см	100 см	50 см	75 см	100 см	50 см	75 см	100 см	
45	Выемка <i>H</i> = 2,5...3 м	21,5	21,5	21,7	1,67	1,66	1,63	30	30	26	Грунт от 50 до 75 см был обработан известью
45 +700	Насыпь <i>H</i> = 1...1,5 м	20,3	21,0	21,3	1,68	1,67	1,63	37,5	29	22	То же
46 +800	Насыпь <i>H</i> = 3... 4 м	20,7	22,0	24,2	1,66	1,67	1,61	30	27	20,5	— ” —
47 +200	Выемка <i>H</i> = 2,5...3 м	27,2	26,5	27,8	1,46	1,45	1,43	11,6	12	9,5	Грунт известью не обрабатывался
44 +300	Насыпь <i>H</i> = 1...1,5 м	25,0	26,5	26,0	1,50	1,51	1,48	12	12	10	То же

Таким образом, результаты обследования показали, что переувлажненные глинистые грунты, обработанные известью, сохраняют приобретенные свойства в течение длительного времени, что способствует повышению эксплуатационных показателей автомобильной дороги и оснований фундаментов транспортных сооружений.

Список литературы

1. Левченко А.В., Марков Л.Н. Изучение механизма взаимодействия взаимодействия переувлажненного грунта с известью // Коллоидный журнал. – М.: Изд-во АН СССР, 1970. – Т. XXXII, № 4.
2. Левченко А.В., Юшков Б.С., Карасев В.И. Исследование водных вытяжек системы грунт – извест // Основания и фундаменты в геологических условиях Урала: межвуз. сб. науч. трудов. – Пермь, 1981.
3. Бабков В.Ф. Проектирование насыпей на слабых грунтах // Жизнь и научно-педагогическая деятельность выдающихся людей / МАДИ. – М., 2003.

Получено 15.09.2011