

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Г.С. Меренцова, А.О. Хребто

В работе отражены возможности применения местных грунтов укрепленных высококальцевыми буроугольными золами для устройства конструктивных слоев автомобильных дорог в условиях Западной Сибири. Разработаны составы укрепленных грунтов с повышенными показателями прочности и долговечности, позволяющие достичь значительного экономического эффекта при строительстве автомобильных дорог.

Ключевые слова: укрепленные грунты, высококальцевые золы-уноса, зологрунт минералогический и химический состав, прочность, морозостойкость, долговечность.

ВВЕДЕНИЕ

Во многих регионах Западной Сибири, не обеспеченных каменными материалами, важную роль при строительстве и реконструкции автомобильных дорог играет широкое использование местных грунтов. Наличие большого количества пылеватых грунтов, распространенных в Западной Сибири не позволяет достичь нужной несущей роли скелета, что требует рационального укрепления этих грунтов вяжущими материалами для использования в дорожном строительстве. Коренное изменение свойств пылеватых грунтов можно достигнуть введением органических и неорганических вяжущих. Наиболее рациональна обработка грунтов путем их комплексного укрепления.

Установлены рациональные пути укрепления песчаных и суглинистых грунтов, включающих укрепление их органическими, неорганическими и комплексными органоминеральными вяжущими. В каждом конкретном случае оптимальный состав определяется комплексом, учитывающим как процессы структурообразования при их твердении, так и физико-механические свойства. При этом целесообразно установить оптимальную дозу органических и неорганических добавок, снижающих трещинообразование укрепленных грунтов. Даже появление микротрещин чревато дальнейшим разрушением структуры в эксплуатации в связи с воздействием знакопеременных динамических нагрузок, влиянием перепадов температур, осадков, повышенной влажности, окружающей среды.

При использовании грунтов Западной Сибири различного генезиса в дорожном строительстве необходимо учитывать особенности их химико-минералогического со-

става, который определяет процессы физико-химического взаимодействия укрепляемого грунта с компонентами вводимого вяжущего и органическими и неорганическими добавками.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Известны работы по укреплению различных грунтов цементами, однако это вяжущее является в настоящее время дорожествоящим материалом, поэтому его применение не всегда рационально [1,2]. Проводились исследования по оценке возможности укрепления грунтов степной зоны Алтайского края отходами энергетики – высококальцевыми золами-уноса Барнаульской ТЭЦ-3. Для этого были выбраны грунты, которые по дорожно-строительной классификации являются некондиционным материалом, так как содержат большое количество пылеватых частиц (15-30%).

Исследования проводились на пылеватых грунтах Благовещенского и Родинского районов Алтайского края. По результатам определения гранулометрического состава и совокупности других показателей, к которым относятся содержание песчаных, пылеватых и глинистых частиц, а также число пластичности I_p , исследуемые грунты относятся к подтипам песок пылеватый, супесь пылеватая и супесь тяжелая пылеватая с числом пластичности $I_p = 4-5$. Гранулометрический состав грунтов приведен в таблице 1.

При этом, согласно классификации грунтов по их дорожно-строительным свойствам, супесь пылеватая и супесь тяжелая пылеватая соответственно непригодны и малопригодны для сооружения земляного полотна, а для укрепления вяжущими материалами ма-

лопригодны. Пески пылеватые также мало-пригодны для сооружения земляного полотна

и для укрепления вяжущими материалами.

Таблица 1 – Гранулометрический состав грунтов степной зоны Алтайского края

Наименование грунта (подтипы)	Содержание фракций, % по массе								
	Фракции грунта, мм								
	>10	10-5	5-2,5	2,5-1,25	1,25-0,63	0,63-0,315	0,315-0,14	0,14-0,07	<0,07 + отмученные частицы
песок пылеватый (Благовещенский р-н)	0	0	0	0,2-0,6	3,6-4,2	16,6-17,4	40,2-42,6	20,1-24,6	19,6-21,3
супесь пылеватая (супесь тяжелая пылеватая) (Ро- динский р-н)	0	0	0,02-0,06	0,2-0,6	0,5-0,9	1,69-2,14	9,15-10,2	53,84- 55,62	34,6- 36,4

Используемые в проведенной работе грунты являются пылеватыми, обладают пучинистыми свойствами и потерей устойчивости в водонасыщенном состоянии, поэтому для использования таких грунтов в дорожном строительстве необходимо их укрепление.

При введении в грунт в оптимальных количествах органических и неорганических веществ решалась главная задача – превратить местный некондиционный грунт в дорожно-строительный материал, обладающий требуемой прочностью, водо- и морозостойкостью при улучшении деформативных показателей дорожного конструктивного слоя.

При создании рациональных методов улучшения свойств грунтов и коренного качественного их преобразования учитывались свойства тонкодисперсной части грунта, состав поглощаемого комплекса, а также генетические особенности грунта, его минералогический и химический состав.

При проведении исследований применялись комплексные методы укрепления грунтов, необходимых для формирования таких структурно-механических свойств, которые обеспечивают прочность и долговечность самих грунтов и дорожной одежды в целом. Для этого проведены исследования влияния свойств грунта и состава комплексных добавок, а также вяжущих, в том числе зол-уноса и портландцемента, на конечную прочность укрепленного грунта (рисунок 1).

Анализ полученных прочностных характеристик свидетельствует о положительном влиянии комплексной органоминеральной добавки при укреплении грунтов золой-уноса (состав 3). Наряду с оценкой прочностных показателей проведены исследования по повышению морозостойкости укрепленных грунтов (рисунок 2). С целью повышения показателей трещиностойкости, а также водо- и

морозостойкости осуществлялась модификация составов путем введения портландцемента и химических добавок.

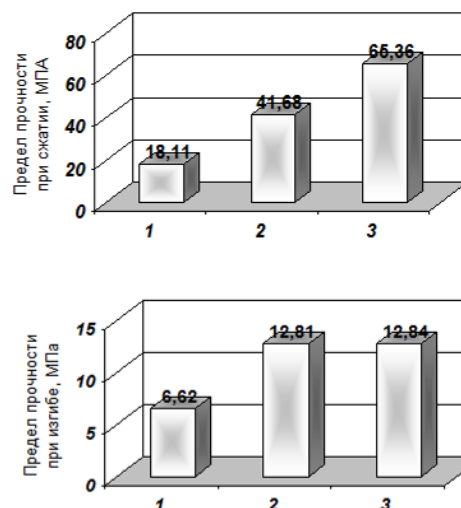


Рисунок 1 – Показатели прочности укрепленных грунтов: 1 – грунт, укрепленный золой-уноса (контрольный состав); 2 – грунт, укрепленный золой-уноса с добавкой портландцемента; 3 – грунт, укрепленный золой-уноса с комплексной органоминеральной добавкой

В целях улучшения физико-механических показателей и показателей стойкости укрепленного грунта осуществлялось изучение влияния малых дозировок цемента марки М400 в количестве 3-5% от массы грунта на свойства зологрунта.

Введение дозировки цемента в количестве 3 % от массы грунта совместно с золой повысило показатели прочности образцов в возрасте 28 суток следующим образом: предел прочности при сжатии $R_{сж}$ возрос в 2,5 раза, предел прочности на растяжение при изгибе $R_{ри}$ - 2,3 раза. Однако при данной до-

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

зировке имели место деструктивные процессы - сетка мелких трещин.

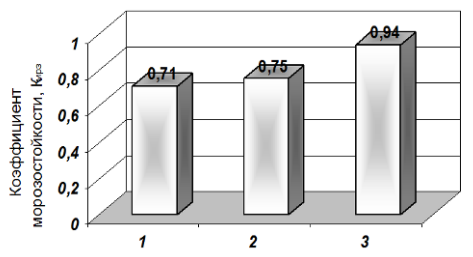


Рисунок 2 – Влияние добавок на показатели морозостойкости зологрунта: 1 – грунт, укрепленный золой-уноса (контрольный состав); 2 – грунт, укрепленный золой-уноса с добавкой портландцемента; 3 – грунт, укрепленный золой-уноса с комплексной органоминеральной добавкой

Увеличение дозировки цемента до 5 % в составе зологрунта оказало существенное влияние на процессы деструкции укрепленного грунта. Образцы в возрасте 28 суток не имели дефектов, а прочностные показатели изменились следующим образом: предел прочности при сжатии $R_{сж}$ возрос в 7,9 раз по сравнению с зологрунтом без добавки цемента, предел прочности на растяжение при изгибе $R_{ри}$ возрос в 10,6 раз. Полученные показатели соответствуют I классу прочности.

Добавка цемента (от 3 до 5 %) обеспечивает получение зологрунта с показателями прочности, соответствующими I классу. Однако это обусловлено повышенным расходом цемента и экономически невыгодно, в связи с его высокой стоимостью, следовательно данный путь нецелесообразен. Замена цемента золой-уноса позволяет снизить затраты на стоимость материалов в 4 раза. Поэтому было выбрано направление модификации золы за счет введения химических добавок.

Укрепляемые грунты представляют собой полиминеральные и полидисперсные системы. При этом выявлено значительное влияние свойств и состава укрепляемого грунта на процессы гидратации и твердения зола – и цементогрунтов.

Как показали проведенные исследования, можно качественно изменить характер поверхности частиц или микроагрегатов грунта, значительно уменьшить вредное агрессивное влияние отдельных минералов и повысить положительное влияние других минералов. Органические полимерсодержащие добавки, вводимые в смесь, способствуют повышению адгезии вяжущих, а неорганические добавки ускоряют процессы твердения и

способствуют в комплексе формированию оптимальной структуры укрепляемого грунта.

Исследования показали, что применение совместно с золой-уноса органических полимерсодержащих добавок и поверхностно-активных веществ позволяет использовать для устройства оснований дорожных одежд пылеватые песчаные и супесчаные грунты и обеспечат их морозостойкость при одновременном отказе от использования портландцемента.

Установлено, что при укреплении грунтов цементом, содержащих дисперсные минералы типа монтмориллонита, наблюдается снижение прочности и морозостойкости укрепленного грунта. Такое отрицательное действие минералов монтмориллонита частично устраняется введением в грунты высококальциевой золы-уноса бурых углей Канско-Ачинского угольного бассейна [5]. При этом свободный оксид кальция, содержащийся в золе совместно с неорганической добавкой – ускорителем твердения улучшает процессы структурообразования укрепленного грунта.

Было предложено использование нового комплексного вяжущего (КОМД-1), включающего, наряду с высококальциевой золой органическую полимерсодержащую добавку, а также неорганическую добавку [5].

При добавке в грунт такого комплексного вяжущего улучшаются деформативность укрепленного грунта, повышается морозостойкость и создается возможность существенно сократить и отказаться от введения дорогостоящего цементного вяжущего.

Регулирование и прочностных свойств укрепляемых грунтов весьма различно и определяется видом введенной добавки и характером процессов структурообразования, т.е. природой структуры, возникающей в укрепленном грунте.

Определены основные направления по разработке способов, обеспечивающих эффективные пути использования высококальциевых зол Канско-Ачинских бурых углей, улучшающих структурообразование укрепленных грунтов, способствующих повышению адгезии к поверхности частиц и микроагрегатов грунта, а также прочности, водо – и морозостойкости, следовательно долговечности укрепляемого грунта, расширение ассортимента поверхностно-активных и активных добавок, регулирующих процессы твердения вяжущих и формирование структуры укрепленного грунта.

Установлено, что свойства укрепленных грунтов в значительной мере определяются

как химико-минералогическим и вещественным составом золы и грунтов.

Показатели свойств разработанных составов укрепленных грунтов превышают требования действующих норм (рисунок 2), что дает возможность применять их для устройства верхнего слоя основания под асфальтобетонные покрытия на дорогах I – III категорий во II и III дорожно-климатических зонах или использовать для устройства покрытий облегченного типа на дорогах IV и III категорий в IV и V дорожно-климатических зонах.

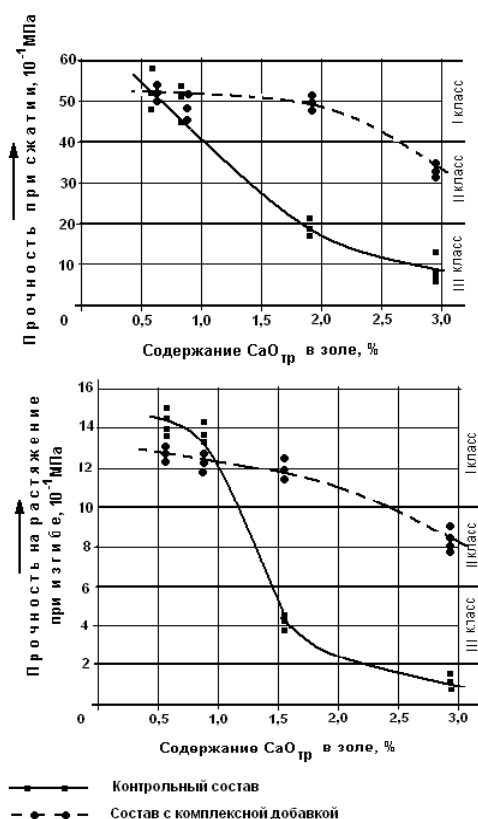


Рисунок 3 – Влияние содержания комплексной добавки КОМД-1 на прочностные показатели песчаного грунта на разных пробах золы в возрасте 28 суток

Анализ влияния высококальциевых буругольных зол на процессы структурообразования укрепленного грунта, проведенный в данной работе, показал, что наиболее интенсивно проходят процессы деструкции в зологрунтах при использовании зол с повышенным содержанием свободного оксида кальция. В связи с этим одной из задач была нейтрализация отрицательного влияния этого оксида кальция на процессы структурообразования и, вместе с тем, увеличение прочностных характеристик укрепленных зологрунтов за счет введения оптимальной дозировки золы и применение специальных технологи-

ческих приемов, путем модификации зольного вяжущего.

Увеличение дозировки золы при укреплении песчаных грунтов до 30 % от массы грунта позволило получить материал, соответствующий III классу прочности.

Анализ результатов испытания серии зологрунтов на пылеватых песчаных грунтах выполнен с учетом показателей прочности на сжатие и растяжение при изгибе, а также коэффициента деструкции, водостойкости и морозостойкости позволил выявить влияние дозировки золы на свойства зологрунтов.

На глинистых грунтах хотя прочностные показатели более выше, чем при укреплении песчаных грунтов, однако водостойкость и морозостойкость снижаются. Показатель водостойкости в возрасте 90 суток ниже, чем в возрасте 28 суток для глинистых грунтов на 4 – 36 %, а для песчаных на - 20 – 51 %. Это связано с увеличением водорастворимых соединений в составе укрепленного зологрунта.

С увеличением содержания золы в зологрунте, на основе супесчаных и суглинистых грунтов, водостойкость ($k_{вод.}$) снижается, в то время как прочностные показатели ($R_{сж.}$, $R_{ри.}$) возрастают, поэтому с позиции стойкости структуры к атмосферным воздействиям, повышение дозировки золы нерационально. Увеличение дозировки золы не дало существенного улучшения показателей деструкции, которые определяются как соотношение прочности при изгибе к прочности при сжатии, то осуществлен выбор дозировки золы с минимальным учетом технико-экономических показателей, т.е. стоимости золы и транспортных расходов.

Опыт использования неорганических и органических химических добавок указывает на специфику влияния тех или иных веществ на свойства и особенности структуры укрепленных грунтов.

Наилучшие показатели прочности и стойкости укрепленных грунтов достигаются при использовании комплексных добавок, которые наиболее полно и эффективно модифицируют свойства и специфику структуры укрепленного грунта.

В данной работе исследовалось влияние комплексной органоминеральной добавки (КОМД-1), содержащей ускоритель твердения и латексодержащую добавку.

Влияние комплексной добавки рассматривалось на смеси песка пылеватого и пробы золы с различным содержанием $СаО_{тр}$. Прочностные показатели грунта, укрепленного КОМД-1 на разных пробах золы приведены в соответствии с рисунком 3. Отмечено, что

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

более значительный эффект действия комплексной добавки наблюдается при использовании активных зол уноса с повышенным содержанием $\text{CaO}_{\text{тр}}$.

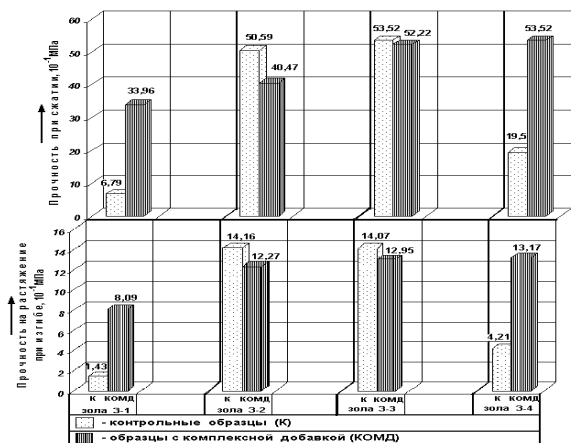


Рисунок 4 – Влияние введения комплексной добавки КОМД-1 на прочностные показатели пылеватого песчаного грунта на разных пробах золы в возрасте 28 суток

Данные, приведенные на рисунке 3, свидетельствуют, что введение комплексной добавки КОМД-1 совместно с золой с содержанием $\text{CaO}_{\text{тр}}$ более 1,0-1,5 % нецелесообразно, поскольку физико-механические свойства укрепленных грунтов практически не изменяются, но даже наблюдается их снижение.

ВЫВОДЫ

Физико-механические свойства укрепленных грунтов разработанных составов позволяют использовать полученный материал не только для нижних слоев оснований, но и для верхних слоев оснований под асфальтобетонные покрытия, а также для покрытий автомобильных дорог переходного типа с использованием слоев износа.

Проведены исследования по разработке технологических параметров устройства дорожных оснований и покрытий из зологрунта с применением химической активизации вы-

сококальциевых зол. Разработана технологическая последовательность устройства конструктивных слоев автомобильных дорог из укрепляемого некондиционного грунта, учитывающая деформационные характеристики и долговечность конструктивного слоя. Выявлено положительное влияние органоминеральной добавки на характеристики зологрунтов, что позволяет их использовать не только для оснований, но и для покрытий автомобильных дорог IV и V категорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меренцова Г.С., Хребто А.О. Использование местных материалов и отходов промышленности для укрепления грунтов Западной Сибири. «Ползуновский альманах» № 3 2001 г., г.Барнаул, АлтГТУ, С. 270-272.
2. Меренцова Г.С., Хребто А.О. Повышение трещиностойкости укрепленных грунтов. Сб. Пути повышения качества и эффективности строительства, реконструкции, содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений на них. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Барнаул, Изд-во АлтГТУ. 2001 – 340 с., С. 220-222.
3. Меренцова Г.С., Хребто А.О. Устройство конструктивных слоев дорожных одежд из местных грунтов, укрепленных золосодержащими вяжущими с комплексными химическими добавками. Горизонты образования. Научно-образовательный журнал АлтГТУ год 2005. Выпуск 7. Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава.
4. Меренцова Г.С. Хребто А.О. Использование высококальциевых буроугольных зол при укреплении грунтов для устройства конструктивных слоев автомобильных дорог в условиях Западной Сибири. Сборник материалов Всероссийского семинара заведующих кафедрами экологии и охраны окружающей среды. Пермь, 2006 г. Изд-во РИО ПГТУ. 248 с. С. 100-107.
5. Патент на изобретение №2389844. Укрепленный грунт для устройства оснований дорожных одежд автомобильных дорог и покрытий переходного типа.