

УДК 630\*384.4:525.814

**О. В. Зубова**, старший преподаватель (Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, Российская Федерация)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВ НА ПРОЧНОСТЬ ЗОЛОГРУНТОВОЙ СМЕСИ, ОБРАБОТАННОЙ ЦЕМЕНТОМ**

В статье приведены результаты исследования влияния гранулометрического состава грунтов на прочность и водопоглощение дорожно-строительного материала на основе зологрунтовой смеси, укрепленной цементом. Приведены характеристики исходных материалов – мелкого песка, суглинка легкого, супеси легкой, кембрийской глины (зерновой состав, физические свойства), а также основные характеристики золы от сжигания осадков сточных вод. Получены результаты влияния добавки золы от сжигания осадка сточных вод на основные свойства дорожно-строительного материала. Результаты испытания образцов обработаны с использованием методов математической статистики с высокой степенью достоверности.

In article results of research of technology of reception of a road-building material on a basis the mixes, strengthened by cement on properties of a material are resulted. Characteristics of sand are resulted, loam of a lung, sandy loam has laid down y, cambrian clay (grain structure, physical properties) and ashes, its structure. The results obtained of influence of an additive of ashes from burning of a deposit of sewage on bases thes of property of a road-building material. Results of test of samples are processed with use of a method of mathematical statistics with high degree of reliability.

**Введение.** Исследования по использованию отходов промышленности в качестве компонентов дорожно-строительных материалов проводятся учеными на протяжении многих лет [1, 2, 3], однако эта тема остается актуальной и в настоящее время. В различных областях промышленности внедряются новейшие разработки, что приводит к образованию новых видов отходов, требующих утилизации. Перспективным способом утилизации твердых отходов является их использование как наполнителя или активного компонента в составе дорожно-строительных материалов [2].

**Основная часть.** В данном исследовании рассматривалась возможность использования при укреплении грунтов золы от сжигания осадков сточных вод ГУП «Водоканал Спб», как дополнительного компонента в смеси грунта с цементом. Цементогрунт при его использовании в дорожных конструкциях обладает излишней жесткостью и низкой трещиностойкостью. Придание цементогрунту структуры с более высокой трещиностойкостью возможно введением золы от сжигания осадков сточных вод, что обеспечит требуемые эксплуатационные свойства дорожного покрытия.

Целью исследования является получение новых дорожно-строительных материалов с использованием грунтов различного гранулометрического состава, минерального вяжущего (портландцемента) и золы от сжигания осадков сточных вод.

Задачи исследования – определение оптимальных дозировок вяжущих материалов и золы в смеси; определение физико-механических свойств полученных материалов (предел проч-

ности при сжатии, водопоглощение); сравнительный анализ прочности материалов в зависимости от зернового состава используемых грунтов.

В исследованиях использован метод обработки полученных экспериментальных данных программа MS EXCEL.

#### **Характеристика исходных материалов.**

Песок представляет собой сыпучий нерудный материал, который используется практически при любых строительных работах. Песчаные грунты сложены угловатыми и окатанными обломками минералов, размером от 2 до 0,005 мм (мелкозернистые пески имеют размеры 0,10–0,25 мм).

Супесь легкая – рыхлая горная порода, состоящая, главным образом, из песчаных и пылеватых частиц с добавлением около 3–10% алевролитовых, пелитовых или глинистых частиц. Супесь обладает меньшей пластичностью, чем суглинок. Супеси характеризуются благоприятными свойствами при использовании их в качестве материала проезжей части грунтовых дорог низшего типа и в основаниях дорожных одежд.

Суглинок легкий представляет собой силикат, содержащий глинозем, кремнезем, примеси песка, извести, окиси железа и др., а также химически связанную воду. Суглинок содержит 12–18% частиц диаметром менее 0,005 мм.

Глина – сложное природное образование. В составе исследуемой мелкодисперсной песчаной глины – монтмориллонит, каолинит, кварц, мусковит (слюда). Глина содержит более 30% частиц диаметром менее 0,005 мм.

Зерновой состав исследуемых грунтов представлен в таблице.

## Зерновой состав грунтов

| Грунты          | Зерновой состав |         |        |       |       |
|-----------------|-----------------|---------|--------|-------|-------|
|                 | Гравий          | Песок   |        | Пыль  | Глина |
|                 |                 | крупный | мелкий |       |       |
| Песок мелкий    | 1,51            | 14,00   | 75,72  | 8,78  | 0,00  |
| Супесь легкая   | 9,70            | 29,00   | 25,00  | 22,70 | 3,60  |
| Суглинок легкий | –               | 15,70   | 41,00  | 28,10 | 15,20 |
| Глина песчаная  | –               | 20,00   | 32,00  | 3,00  | 45,00 |

Зола от сжигания осадков сточных вод представляет собой смесь пылеватых тонкодисперсных частиц. Состав золы:  $\text{SiO}_2$  – 50%; фосфат железа и кальция 40%; силикаты кальция, магния, железа, калия, алюминия,  $\text{CaO}$  – 6%. При этом содержание тяжелых металлов в золе превышает ПДК или близки к нему. Основные показатели: насыпная плотность –  $0,68 \text{ г/см}^3$ ; удельный вес –  $2,26 \text{ г/см}^3$ ; пористость 70%. Используется в качестве заполнителя грунта и слабого вяжущего.

**Методика исследования.** Образцы из золоцементогрунтовой смеси изготовлены на гидравлическом прессе при удельном давлении 100 МПа.

Хранение образцов из смеси в воздушно-влажных условиях в течение 28 суток в эксикаторе и водонасыщение в воде в течение 3 суток в кристаллизаторе выполнены в соответствии с рекомендациями инструкции СН 25-74 [5].

Испытания образцов с определением следующих показателей: предела прочности при сжатии ( $R_{сж}$ , МПа), модуля упругости ( $E_y$ , МПа), водопоглощения ( $W_{вп}$ , %) и плотности ( $\gamma$ ,  $\text{г/см}^3$ ) производили после их хранения в воздушно-влажных условиях и выдерживания в воде.

Испытания образцов выполнены в дорожно-испытательной лаборатории кафедры сухопутного транспорта леса.

Результаты испытания на прочность и водопоглощение образцов грунта, укрепленного цементом с добавлением золы от сжигания осадка сточных вод, представлены на рис. 1, 2.

Анализ графиков на рис. 1 показывает, что образцы дорожно-строительного материала на основе песчаных и супесчаных грунтов имеют большую прочность при сжатии в водонасыщенном состоянии (в пределах 9–13 МПа), чем образцы материалов на основе суглинистых и глинистых грунтов ( $R_{сж} = 5–9$  МПа). Увеличение в составе грунта содержания мелкодисперсных глинистых частиц приводит к уменьшению прочности водонасыщенных образцов. Анализ графика на рис. 2 показывает, что добавка золы в пределах от 30 до 50% увеличивает водопоглощение образцов глинистых грунтов на 75% (от  $W = 4\%$  до  $W = 7\%$ ). В образцах с песчаными и супесчаными грунтами увеличение дозировки золы снижает водопоглощение материала на 21%. Это обусловлено влиянием добавки золы на плотность укрепляемого материала. При соотношении золы и грунта в смеси 1 : 1 водопоглощение близко по значению для всех типов грунтов, используемых в смесях, и составляет около 7%.

водопоглощение, %

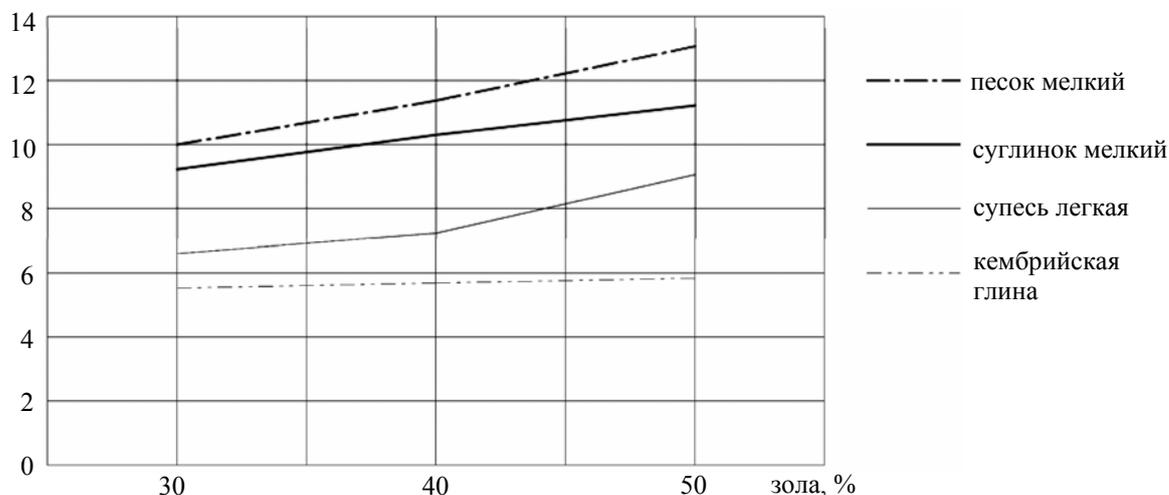


Рис. 1. График зависимости прочности водонасыщенных образцов из смеси грунт-зола, укрепленных цементом 6%, от соотношения грунт – зола в смеси

водопоглощение, %

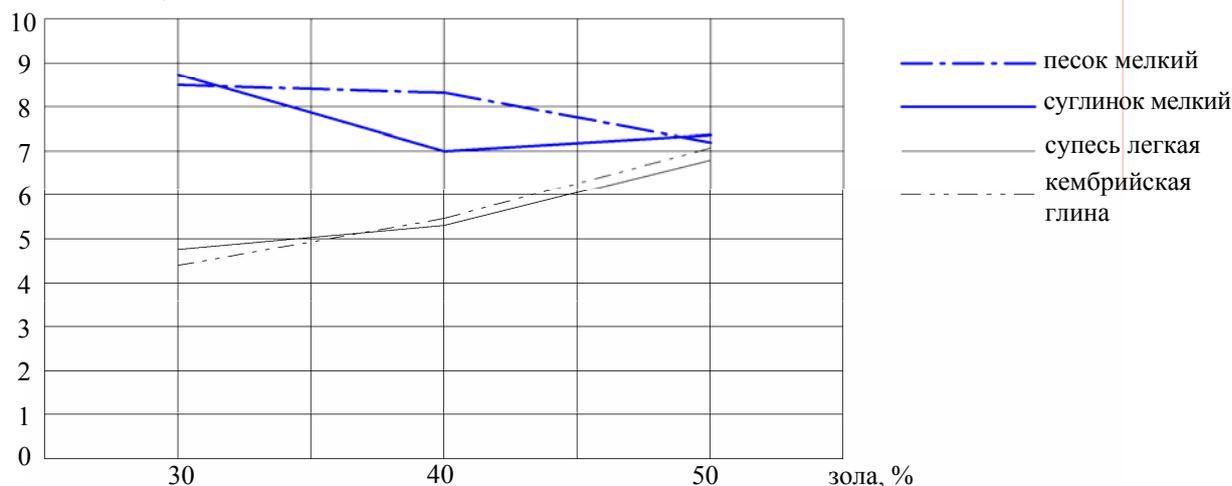


Рис. 2. График зависимости водопоглощения образцов из смеси грунт-зола, укрепленных цементом 6%, от соотношения грунт – зола в смеси

**Заключение.** Для производственных условий рекомендуется использование золы в смеси с песчаными и супесчаными грунтами при укреплении цементом, так как полученный при этом дорожно-строительный материал обладает более высокими показателями прочности, чем материалы на основе глинистых грунтов.

Выполненными исследованиями смесей грунтов и золы от сжигания осадков сточных вод, укрепленных цементом, установлено оптимальное соотношение грунта и золы в смеси 1:1. При таком соотношении достигаются лучшие показатели прочности при сжатии и самые низкие показатели водопоглощения для несвязных грунтов.

Показатель предела прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии исследуемого материала составляет от 8 до 15 МПа.

Показатель водонасыщения дорожно-строительного материала на основе грунта и золы, укрепленных цементом, составляет в среднем 4–8%.

По основным показателям физико-механических свойств исследуемая смесь относится по требованиям СНиП 2.05.07-91 и СН 25-74 к II классу прочности [4, 5].

#### Литература

1. Гончарова, Л. В. Основы укрепления грунтов. – М.: Транспорт, 1982. – 140 с.
2. Укрепленные грунты / В. М. Безрук [и др.]. – М.: Транспорт, 1982. – 231 с.
3. Колбас, Н. С. Вопросы теории комплексного укрепления грунтов вяжущими материалами с применением лесохимических реагентов и отходов промышленности / Н. С. Колбас. – Л.: Ленингр. ун-т, 1978. – 184 с.
4. Промышленный транспорт: СНиП 2.05.07-91. – Введ. 01.07.1992. – М.: Стройиздат, 1991. – 72 с.
5. Инструкция по применению грунтов, укрепленных вяжущими материалами, для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов: СН 25-74. – Введ. 01.07.1975. – М.: Стройиздат, 1975. – 125 с.

Поступила 14.03.2012