

# **Стабилизация и активация глинистого грунта при устройстве дорожного покрытия**

## **Stabilization and activation of a clay ground during a road cover device**

### **Соловьева В.Я.**

д-р техн. наук, профессор кафедры «Инженерная химия и естествознание», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург

e-mail: [pgups1967@mail.ru](mailto:pgups1967@mail.ru)

### **Solovyova V.Ya.**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Engineering Chemistry and Natural Science", Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg.

e-mail: [pgups1967@mail.ru](mailto:pgups1967@mail.ru)

### **Егоров В.В.**

д-р техн. наук, профессор кафедры «Строительные конструкции», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург.

e-mail: [pgups1967@mail.ru](mailto:pgups1967@mail.ru)

### **Egorov V.V.**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Structural Constructions", Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg.

e-mail: [pgups1967@mail.ru](mailto:pgups1967@mail.ru)

### **Абу-Хасан М.С.**

д-р техн. наук, профессор кафедры «Строительные конструкции», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург

e-mail: [pgups1967@mail.ru](mailto:pgups1967@mail.ru)

### **Abu-Khasan M.S.**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Structural Constructions", Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg.

e-mail: [pgups1967@mail.ru](mailto:pgups1967@mail.ru)

### **Аннотация**

Глинистый грунт, как правило, характеризуется повышенной влажностью, что препятствует достижению хорошего уплотнения грунта и, как следствие, такой грунт отличается недостаточной подвижностью, поэтому для повышения эксплуатационных свойств грунта требуется его стабилизация, которой и посвящено данное исследование.

**Ключевые слова:** глинистый грунт, стабилизация, активация, устройство, укрепления, дорожные покрытия.

## Abstract

Clay soil, as a rule, is characterized by high humidity, which prevents the achievement of good soil compaction and, as a result, this soil is characterized by insufficient mobility, therefore, to improve the performance properties of the soil, its stabilization is required, which this study is dedicated to.

**Keywords:** Clay soil, stabilization, activation, device, fortifications, road surfaces.

Создание прочного и надежного основания на основе проблемного глинистого грунта при устройстве дорожного покрытия возможно при его стабилизации и активации.

Глинистый грунт, как правило, характеризуется повышенной влажностью, что препятствует достижению хорошего уплотнения грунта и, как следствие, такой грунт отличается недостаточной подвижностью, поэтому для повышения эксплуатационных свойств грунта требуется его стабилизация, которой и посвящено данное исследование [1, 2].

Глина по своей природе пластична и при увлажнении переходит сначала в пластичное состояние, а затем – в текучее. При увлажнении глина набухает, а при высыхании дает усадку. Размер глинистых частиц менее 0,005 мм.

На свойства глины сильно влияет вода, заполняющая поры, – промежутки между частицами. В глинистых грунтах между частицами малых размеров действуют огромные по удельной величине силы молекулярного притяжения, придающие глинам связность. Вода, заполняя поры, играет роль среды, в которой эти силы притяжения развиваются.

В соответствии с работами проф. В.В. Охотина глинистые грунты по зерновому составу содержат три основные группы фракций:

- 1) глинистую, с частицами размером менее 0,005 мм;
- 2) пылеватую – 0,005 – 0,05 мм;
- 3) песчаную – 0,05 – 2 мм.

Пылеватые частицы ухудшают свойства глинистых грунтов: уменьшают связность, пластичность, повышают водопроницаемость.

Глинистый грунт представляет собой связный грунт, состоящий в основном из пылеватых и глинистых (не менее 3%) частиц, обладающий свойством пластичности.

Для проводимого исследования использовалась природная глина со следующими физико-механическими характеристиками:

- плотность сухого (скелета) грунта – 1,3 г/см<sup>3</sup>;
- оптимальная влажность – 41,5%;
- число текучести 57,34%;
- число раскатывания – 38,84%;
- число пластичности – 18,5%.

В соответствии с ГОСТ 25100-2011, исследуемый грунт с указанными характеристиками относится к мягкопластичным глинистым грунтам средней плотности.

Для создания автомобильных дорожных покрытий рекомендуется использовать основание, проектная прочность которого должна быть не менее М75. На первом этапе научного исследования определяли эффективность укрепления грунта при помощи портландцемента [3, 4].

Рациональное количество портландцемента определялось по изменению прочности на сжатие и прочности на растяжение при изгибе в возрасте 28 суток укрепленного грунта в водонасыщенном состоянии. Для этого вводили портландцемент в количестве от 3 до 14% от массы грунта и изготавливали образцы-балочки размером 40\*40\*160 мм. Путем прессования модифицированного укрепляемого грунта на основе глины под давлением 20 МПа в соответствии с ГОСТ 12801-98 и «Пособием по строительству покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, к СНиП 3.06.03-85 и СНиП 3.06-88» [5, 6]. Твердение образцов осуществлялось в нормальных условиях при температуре воздуха

20±2 и влажности воздуха не менее 95%. Испытание изготовленных образцов проводились в водонасыщенном состоянии по ГОСТ 10180-2012 и ГОСТ 30744-2001. Водопоглощение указанных образцов определялось по массе в соответствии с ГОСТ 12730.3-78. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Физико-механические характеристики грунта на основе асфальтогранулята, укрепленного портландцементом**

№ п/п	Содержание ПЩ 400-Д20, %	Прочность на сжатие укрепленного грунта в возрасте 28 сут, МПа	Прочность на растяжение при изгибе укрепленного грунта в возрасте 28 сут, МПа	Водопоглощение укрепленного грунта (по массе), %
1	2	3	4	5
2	5	3,41	0,70	3,60
3	6	4,17	0,83	3,38
4	8	5,44	1,05	2,98
5	10	6,12	1,15	2,64
6	12	6,18	1,13	2,65
7	14	6,26	1,11	2,64

Использование портландцемента для стабилизации и укрепления грунта в количестве от 10 до 14% незначительно изменяет плотность грунта, которая косвенно оценивается по показателю водопоглощения и составляет 2,64%. Для повышения надежности основания дорожного покрытия необходимо уменьшить достигнутую величину водопоглощения, что будет способствовать повышению плотности укрепляемого грунта [7, 8].

Полученные данные показывают, что повышение прочности укрепленного грунта до требуемой или необходимой марки М75, по-видимому, может быть достигнуто в результате дополнительной химической активации грунта, стабилизированного портландцементом [9, 10].

Для этого необходимо определить эффективный активатор, в качестве которых рассматривали добавки-ускорители твердения цемента, такие, как хлорид кальция  $\text{CaCl}_2$ , нитрит натрия  $\text{NaNO}_2$ , сульфатсодержащие соли кальция, представленные в чистом виде  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и отходом производства фосфорной кислоты – фосфогипсом, состоящим в основном из  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , а также поверхностно-активные вещества, представленные современными поликарбоксилатными полимерами, кроме того, в качестве активаторов рассматривали использование окислителей, представленных солями: бихроматом калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и перманганатом калия  $\text{KMnO}_4$  [11, 12].

По результатам проведенного исследования установлено, что эффективно использовать цемент в количестве 8% от массы грунта в сочетании с активатором, представленным высокоэффективной химической добавкой нового типа, состоящей из 20% водного раствора поликарбоксилатных полимеров, модифицированных золем кремниевой кислоты и электролитами на основе металлов первой группы главной подгруппы. Совместное присутствие портландцемента и высокоэффективного предлагаемого химического активатора обеспечивает получение глинистого грунта с прочностью на сжатие  $R_{сж} = 8,0$  МПа, прочностью на растяжение при изгибе 1,1 МПа и величиной водопоглощения  $W=1,7\%$ , что соответствует требуемой марке М75 [13].

Проведенные исследования и полученные результаты представляют научный и практический интерес для укрепления проблемного глинистого грунта при устройстве

дорожных покрытий.

### Литература

1. Соловьева В.Я., Масленникова Л.Л., Абу-Хасан М., Степанова И.В., Ёршиков Н.В., Бойкова Т.И., Макаров В.В., Касаткин С.П. Физико-химические основы процессов твердения инновационного бетона для дорожных покрытий. *Естественные и технические науки*. – 2017. – № 2 (104). – С. 150–155.
2. Соловьева В.Я., Абу-Хасан М.С., Ершиков Н.В., Соловьев Д.В., Кокубин Е.И. Инновационный эффективный бетон с пониженными энергозатратами для сборных конструкций. В сборнике: *Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии Материалы IV международной научно-практической интернет-конференции*. – 2017. – С. 17–20.
3. Масленникова Л.Л., Соловьева В.Я., Степанова И.В., Иванова В.Е., Трошев А.Н., Нагинский И.А., Абу-Хасан М.С. Особенности процессов искусственного камнеобразования и сырьевой базы при получении материалов. Санкт-Петербург, 2016.
4. Сватовская Л.Б., Лукина Л.Г., Степанова И.Н., Сычева А.М., Байдарашвили М.М., Абу-Хасан М.С. Современные направления инновационного развития в материаловедении. *Наносистемы*. Санкт-Петербург, 2016.
5. Сватовская Л.Б., Макарова Е.И., Латутова М.Н., Абу-Хасан М. Глинофосфатный материал. Патент на изобретение RUS 2359937 18.12.2007.
6. Соловьева В.Я., Масленникова Л.Л., Абу-Хасан М., Степанова И.В., Смирнова Т.В., Бойкова Т.И., Макаров В.В., Касаткин С.П. Термодинамические основы создания бетона повышенной прочности и твердения для дорожных покрытий. *Естественные и технические науки*. – 2017. – № 2 (104). – С. 156–162.
7. Русанова Е.В., Абу-Хасан М.С. Некоторые пути решения проблемы восстановления и сохранения полосы отвода железных дорог. В сборнике: *Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии Материалы IV международной научно-практической интернет-конференции*. – 2017. – С. 26–29.
8. Соловьева В.Я., Абу-Хасан М.С., Ершиков Н.В., Соловьев Д.В., Кукобин Е.И. Эффективное основание из глинистого грунта для устройства автомобильной дороги. *Транспортное строительство*. – 2017. – № 11. – С. 26–28.
9. Старчуков Д.С., Сычева А.М., Сватовская Л.Б., Соловьева В.Я., Соломахин А.С., Авсюкевич Д.А., Абу-Хасан М.С. Повышение долговечности тяжелого бетона за счет золированного антикоррозионного барьера. *БСТ: Бюллетень строительной техники*. – 2017. – № 7 (995). – С. 58–61.
10. Соловьева В.Я., Абу-хасан М.С., Ершиков Н.В., Соловьев Д.В., Мираев Г.А. Бетон повышенной коррозионной стойкости для дорожных покрытий. *Транспортное строительство*. – 2017. – № 12. – С. 28–30.
11. Соловьева В.Я., Абу-Хасан М.С., Ершиков Н.В., Соловьев Д.В., Кукобин Е.И. Высокоэффективный бетон для проведения дорожно-строительных работ при пониженных температурах. *Транспортное строительство*. – 2018. – № 2. – С. 12–15.
12. Сычева А.М., Соломахин А.С., Яснова Н.С., Каменев Ю.А., Абухасан М.С., Русанова Е.В. Применение полимерцементного пенобетона для повышения срока службы железнодорожного полотна. *Транспортное строительство*. – 2017. – № 6. – С. 21–23.
13. Соловьева В.Я., Абу-Хасан М.С., Ершиков Н.В., Соловьев Д.В., Мираев Г.А. Продление срока службы бетона дорожных и аэродромных покрытий. *Транспортное строительство*. – 2018. – № 1. – С. 15–18.