

УДК 691:624.138

Вдовин Е.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: vdovin007@mail.ru

Мавлиев Л.Ф. – ассистент

E-mail: lenarmavliev@yandex.ru

Буланов П.Е. – аспирант

E-mail: f_lays@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Взаимодействие комплексной добавки на основе октилтриэтоксисилана и гидроксида натрия с основными компонентами грунта дорожного назначения

Аннотация

Проведено исследование взаимодействия комплексной добавки на основе октилтриэтоксисилана и гидроксида натрия с каолинитом, монтмориллонитом, песчаными и пылевато-глинистыми частицами цементогрунта. Установлено влияние кремнийорганического соединения как отдельно, так и в комплексе с электролитом на предел прочности при сжатии и морозостойкость основных компонентов грунта, укрепленных цементом. Выявлены оптимальные дозировки добавок для различных минералов и частиц грунта.

Ключевые слова: цементогрунт, октилтриэтоксисилан, гидроксид натрия, каолинит, монтмориллонит, физико-механические свойства.

Введение

Вопросам укрепления грунтов посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых – В.М. Безрука, Ю.М. Васильева, Л.В. Гончаровой, В.М. Кнатько, В.А. Кельмана, П.А. Ребиндера, М.М. Филатова, С.W. Correns, C.S. Dunn, J. Hashimoto, J.K. Mitchell, D.T. Davidson, J.G. Laguros, T.W. Lambe, R.C. Mainfort и др. Разработка эффективных материалов для конструктивных слоев дорожных одежд на основе местных укрепленных грунтов с использованием цемента и модифицирующих добавок является одним из перспективных направлений исследований в дорожном строительстве.

В районах с отсутствием запасов прочных каменных материалов, применение укрепленных грунтов, становится одной из возможностей удешевления стоимости строительства, сбережения энергии, ресурсов и времени. При этом под укреплением понимают совокупность мероприятий, обеспечивающих в конечном итоге коренное изменение структуры и свойств укрепляемых грунтов, с приданием требуемых физико-механических характеристик [1, 2].

Как показали исследования [3, 4], эффективным методом модификации грунтов, укрепленных цементом (цементогрунтов), является комплексное введение в состав цементогрунтовой смеси кремнийорганического соединения октилтриэтоксисилана (ОТЭС) и электролита гидроксида натрия (ГН).

Известно, что грунты состоят из слипшихся частиц глинистых минералов, пыли и песка, которые называются грунтовыми агрегатами. Минералогический состав грунта оказывает значительное влияние на его физические свойства и результат укрепления. Наиболее восприимчивыми к действию воды и мороза в укрепленных грунтах являются глинистые минералы – каолинит и монтмориллонит [5, 6, 7, 8]. Нами было сделано предположение, что введение комплексной добавки позволит снизить негативное влияние климатических факторов на различные минералы, а также позволит регулировать физико-механические характеристики цементогрунта. Поэтому для определения взаимодействия грунта и его компонентов с комплексной добавкой проведены испытания прочности и морозостойкости каолинита, монтмориллонита, песчаных и пылевато-глинистых частиц грунта, укрепленных 10 % портландцемента и модифицированных добавкой ОТЭС и ГН.

Экспериментальная часть

Исследуемый грунт [3, 4], суглинок легкий песчанистый, разделен на две основные составляющие – песчаную и пылевато-глинистую фракции. В песчаных суглинках глинистые минералы имеются в небольшом количестве, и их выделение из общего состава не представляется возможным. Поэтому для испытания основных минералов в качестве монтмориллонита взята глина ООО «Альметьевский завод глинопорошка» Биклянского карьера Республики Татарстан, имеющая в своем составе около 70 % монтмориллонита, а в качестве каолинита – каолин НПП «Нерудные материалы», имеющая в составе более 90 % каолинита. Минералогический состав исследуемого грунта представлен следующими минералами: кварц – 70,3 %, полевые шпаты – 26,9 %, глинистые минералы – 2,8 %. Количество пылеватых частиц составило 58,4 %, песчаных – 41,6 % от общей массы грунта.

Результаты испытаний прочности на сжатие каолинита, монтмориллонита, песчаных и пылевато-глинистых частиц грунта, укрепленных 10 % цемента (от массы минералов или частиц) и модифицированных добавкой ОТЭС и ГН, представлены на рис. 1-4.

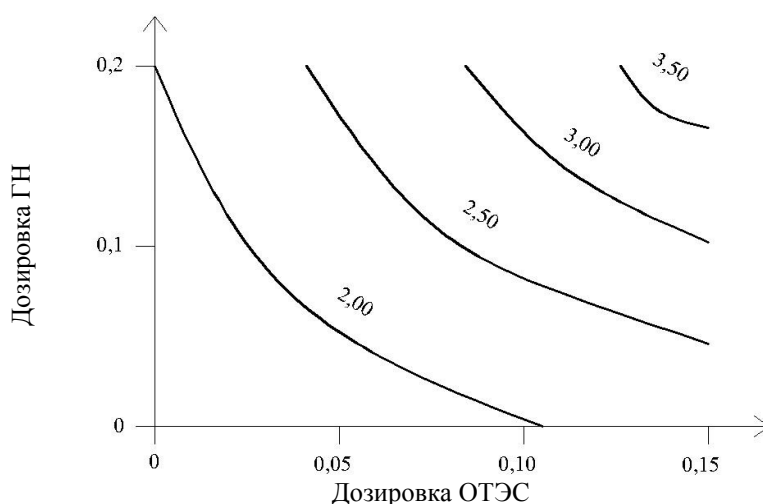


Рис. 1. Влияние добавок ОТЭС и ГН на прочность при сжатии каолинита, укрепленного цементом
————— изолинии предела прочности на сжатие (МПа)

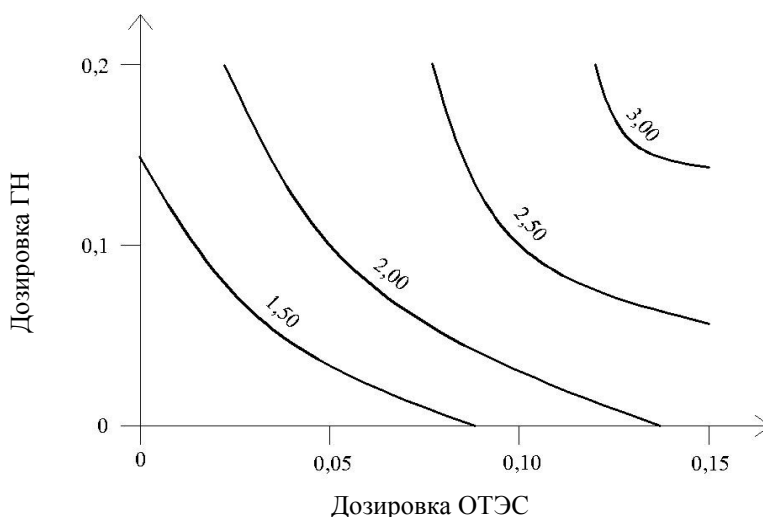


Рис. 2. Влияние добавок ОТЭС и ГН на прочность при сжатии монтмориллонита, укрепленного цементом
————— изолинии предела прочности на сжатие (МПа)

Из рис. 1 и 2 видно, что наибольшее повышение прочности на сжатие образцов каолинита и монтмориллонита, укрепленного цементом, обеспечено при максимальных дозировках ОТЭС и ГН. Следует отметить, что образцы монтмориллонита, укрепленного 10 %

цемента, обладали нулевой прочностью. Интенсивность роста прочности укрепленного каолинита и монтмориллонита снизилась при увеличении указанных дозировок. В исследуемом диапазоне дозировок применение комплекса добавок привело к приросту прочности укрепленного каолинита более чем в 2 раза, а укрепленный монтмориллонит при этом приобрел прочность близкую к прочности укрепленного каолинита 3,0 МПа.

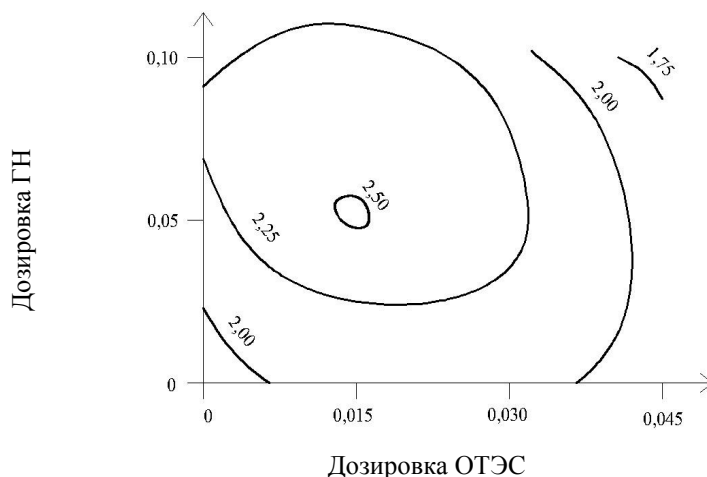


Рис. 3. Влияние добавок ОТЭС и ГН на прочность при сжатии песчаных частиц, укрепленных цементом
 ————— изолинии предела прочности на сжатие (МПа)

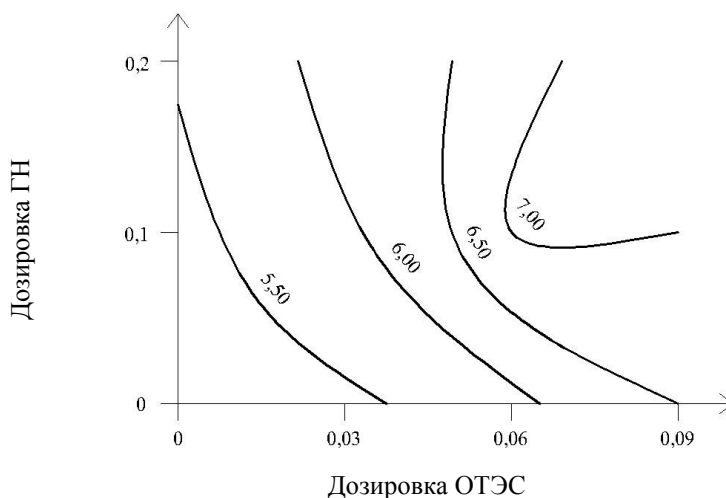


Рис. 4. Влияние добавок ОТЭС и ГН на прочность при сжатии пылевато-глинистых частиц, укрепленных цементом
 ————— изолинии предела прочности на сжатие (МПа)

Установлено, что оптимальное содержание добавки ОТЭС для песчаных частиц, укрепленных цементом, составило – 0,015 %, ГН – 0,05 %, для пылевато-глинистых частиц 0,06 % и 0,1 % соответственно (рис. 3, 4). При этом для песчаных частиц обеспечена прочность 2,5 МПа, для пылевато-глинистых 7,0 МПа. Таким образом, прочность укрепленных песчаных и пылевато-глинистых частиц увеличилась в 1,3 и 1,5 раз.

Марка по прочности исходного грунта, укрепленного 10 % цемента, модифицированного комплексной добавкой достигла М40, прочность на сжатие при этом повысилась на 31 % по сравнению с прочностью цементогрунта контрольного состава [3].

Также изучено влияние добавок ОТЭС и ГН на морозостойкость каолинита, монтмориллонита, песчаных и пылевато-глинистых частиц, укрепленных 10 % цемента

(от массы минералов или частиц). Максимально достигаемые результаты по морозостойкости показаны в таблице.

Таблица

Влияние добавок ОТЭС и ГН на морозостойкость каолинита, монтмориллонита, песчаных и пылевато-глинистых частиц грунта, укрепленных цементом

№	Наименование компонента	Расход ОТЭС, %	Расход ГН, %	Марка по морозостойкости
1	Каолинит	0	0	-
2	Каолинит	0,15	0,2	F10
3	Монтмориллонит	0	0	-
4	Монтмориллонит	0,15	0,2	F5
5	Песчаные частицы	0	0	F10
6	Песчаные частицы	0,015	0,05	F15
7	Пылевато-глинистые частицы	0	0	F5
8	Пылевато-глинистые частицы	0,06	0,1	F10

Образцы укрепленного каолинита и монтмориллонита при испытании на морозостойкость разрушились. Укрепленные песчаные частицы обладали морозостойкостью F10, пылевато-глинистые F5. Введение оптимальных дозировок ОТЭС и ГН в состав укрепленного каолинита привело к получению материала с морозостойкостью F10, монтмориллонита – F5, песчаных частиц – F15 и пылевато-глинистых – F10.

Марка по морозостойкости исходного грунта, укрепленного 10 % цемента, модифицированного комплексной добавкой достигла F15, коэффициент морозостойкости при этом повысился на 62 % по сравнению с цементогрунтом контрольного состава [3].

Следовательно, введение добавок КОС совместно с электролитами оказало наибольшее влияние на прочность укрепленных глинистых минералов и пылевато-глинистых частиц. Повышение морозостойкости наблюдалось также и на укрепленных песчаных частицах.

Согласно полученным данным установлено, что песчаные частицы в составе естественного грунта обеспечили материалу морозостойкость, а пылевато-глинистые – прочность. Модификация таких частиц добавкой ОТЭС и ГН позволила добиться повышения физико-механических свойств как отдельно песчаной и пылевато-глинистой фракции, так и их естественной смеси [3]. Анализ результатов исследований показал, что получаемые модифицированные укрепленные грунты могут быть использованы в качестве материалов конструктивных слоев дорожных одежд.

Выводы:

1. На основе проведенных исследований установлено положительное влияние добавок ОТЭС и ГН на физико-механические свойства основных компонентов грунта дорожного назначения. Модификация цементогрунтов рассмотренными добавками дает возможность использовать их в качестве материалов конструктивных слоев дорожных одежд.

2. В исследуемом диапазоне дозировок применение комплекса добавок привело к приросту прочности на сжатие укрепленного каолинита более чем в 2 раза. Укрепленный монтмориллонит, имевший нулевую прочность в укрепленном виде, при модификации приобрел прочность близкую к прочности укрепленного каолинита 3,0 МПа. Прочность укрепленных песчаных и пылевато-глинистых частиц увеличилась в 1,3 и 1,5 раз соответственно. Марка по прочности исходного грунта, укрепленного 10 % цемента, модифицированного комплексной добавкой достигла M40, прочность на сжатие при этом повысилась на 31 % по сравнению с прочностью цементогрунта контрольного состава.

3. Введение оптимальных дозировок ОТЭС и ГН в состав укрепленного каолинита привело к получению материала с морозостойкостью F10, монтмориллонита – F5, песчаных частиц – F15 и пылевато-глинистых – F10. Марка по морозостойкости исходного грунта, укрепленного 10 % цемента, модифицированного комплексной

добавкой достигла F15, коэффициент морозостойкости при этом повысился на 62 % по сравнению с морозостойкостью цементогрунта контрольного состава.

Список библиографических ссылок

1. Laguros J.G. Effect of Chemicals on Soil-Cement Stabilization // Highway Research Record, 1963, № 36. – P. 172-203.
2. Могилевич В.М. Дорожные одежды из цементогрунта. – М.: Транспорт, 1972. – 215 с.
3. Гильфанов Р.М., Вдовин Е.А., Мавлиев Л.Ф. Оптимизация состава цементогрунта с комплексной добавкой на основе кремнийорганических соединений // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). – С. 262-267.
4. Вдовин Е.А. Строганов В.Ф., Мавлиев Л.Ф., Буланов П.Е. Исследование влияния кремнийорганических соединений на показатели стандартного уплотнения и физико-механические свойства цементогрунта // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). – С. 255-261.
5. Трофимов В.Т. Грунтоведение. 6-е изд. перераб. и доп. – М.: МГУ, 2004. – 1023 с.
6. Карацула С.В., Лютенко А.О., Полежаев К.А., Дмитриева Т.В. Дорожный грунтобетон с использованием ионного закрепителя грунта // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2012, № 3. – С. 23-23.
7. Чудинов. С.А. Исследование влияния технологических факторов на прочность цементогрунтов // Вестник МарГТУ, 2010, № 1. – С. 46-52.
8. Абрамова Т.Т., Босов А.И., Валиева К.Э. Стабилизаторы грунтов в отечественном дорожном и аэродромном строительстве // Мосты и дороги, 2013, вып. 30/2. – С. 60-84.

Vdovin E.A. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: vdovin007@mail.ru

Mavliev L.F. – assistant

E-mail: lenarmavliev@yandex.ru

Bulanov P.E. – post-graduate student

E-mail: f_lays@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Interaction of complex additive based on octyltriethoxysilane and sodium hydroxide with the basic components of soil for road purpose

Resume

In the regions with no reserves of durable stone materials the use of cement grouting soil is become one of the possibilities to reduce the cost of construction, energy conservation, resources and time. The strengthening (cement grouting) is the set of activities, ultimately providing the fundamental change of structure and properties of strengthening the soil to give the required physical and mechanical characteristics.

It is known that the soil consists of agglomerated particles of clay minerals, sand and dust, which are called aggregates soil. The mineralogical consistence of the soil has a significant effect on physical properties and result of strengthening.

The study of the interaction of complex additives based on octyltriethoxysilane and sodium hydroxide and strengthen by cement with kaolinite, montmorillonite, sandy and silty-clay soil particles. The effect of the organosilicon on the compressive strength and frost resistance of the main components of soil, hardened cement was compounded separately or in combination with an electrolyte. The optimal dosage of additives for various minerals of the soil was defined.

Keywords: soil-cement, octyltriethoxysilane, sodium hydroxide, kaolinite, montmorillonite, physical and mechanical properties.

Reference list

1. Laguros J.G. Effect of Chemicals on Soil-Cement Stabilization // Highway Research Record, 1963, № 36. – P. 172-203.
2. Mogilevich V.M. Pavement of soil-cement. – M.: Transport, 1972. – 215 p.
3. Gilfanov R.M., Vdovin E.A., Mavliev L.F. Optimization of soil-cement with complex additive based on silicone compounds // News of the KSUAE, 2014, № 4 (30). – P. 262-267.
4. Vdovin E.A., Stroganov V.F., Mavliev L.F., Bulanov P.E. Investigation of the influence of silicone compounds on the performance of the standard seals and mechanical properties soil-cement // News of the KSUAE, 2014, № 4 (30). – P. 255-261.
5. Trofimov V.T., Soil. 6th ed. Revised. and add. – M.: MGU, 2004. – 1023 p.
6. Karatsula S.V., Lutenko S.A., Polezhaev K.A., Dmitrieva T.V. Road soil-concrete using ion fixer soil // Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka, 2012, № 3. – P. 23-23.
7. Chudinov S.A. Investigation of the influence of technological factors on the strength soil-cement // Vestnik MarGTU, 2010, № 1. – P. 46-52.
8. Abramova T.T., Bosov A.I., Valiev K.E. Stabilizer in the national road and airfield construction // Mosty i dorogi, 2013, vol. 30/2. – P. 60-84.