



УДК 625.731:624.138

Вдовин Е.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: vdovin@kgasu.ru

Мавлиев Л.Ф. – аспирант

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Повышение качества укрепленных грунтов введением гидрофобизирующих добавок

Аннотация

Проведены исследования по повышению качества местных укрепленных цементом глинистых грунтов введением кремнийорганических гидрофобизирующих добавок. Описан механизм гидрофобизации грунта добавками кремнийорганических соединений. Определено влияние кремнийорганической жидкости на физико-механические свойства местных укрепленных глинистых грунтов: предел прочности при сжатии и растяжении, водонасыщение и морозостойкость. На основе анализа полученных данных выявлено, что устойчивая положительная динамика всех определяемых физико-механических характеристик полученного материала дает широкую область его применения в дорожном строительстве. Установлено, что повышение качества местных укрепленных грунтов для создания эффективных дорожных одежд сельских автомобильных дорог возможно путем введения в грунт, помимо вяжущего, кремнийорганических гидрофобизирующих жидкостей.

Ключевые слова: укрепленные грунты, гидрофобизатор, жидкость кремнийорганическая, прочность на сжатие, прочность на растяжение при изгибе и морозостойкость укрепленных грунтов.

В настоящее время в Республике Татарстан реализуется республиканская долгосрочная целевая программа «Развитие транспортного комплекса Республики Татарстан на 2011-2015 годы». В подпрограмме «Автомобильные дороги» до 2015 года предусмотрено соединение 245 населенных пунктов дорогами, имеющими твердое покрытие общей протяженностью 409 км, с дорожной сетью общего пользования республики. В то же время с учетом проведения оптимизации системы школьного образования и обеспечения безопасности школьных маршрутов в целом планируется ежегодно до 2,5-3 млрд. рублей выделять из бюджета Республики Татарстан на строительство сельских автомобильных дорог.

Однако в Республике Татарстан отсутствуют запасы прочных каменных материалов, применяемых в строительстве автомобильных дорог с твердым покрытием. В результате возникает необходимость в перевозках щебня на большие расстояния, что увеличивает первоначальную его стоимость в 3-6 раз и является главной причиной значительного удорожания строительства. Наиболее перспективным направлением, при отсутствии прочных каменных материалов, с целью снижения стоимости и затрат строительства, является использование местных укрепленных материалов в конструкциях сельских дорожных одежд. Кроме экономической эффективности дорожных одежд с конструктивными слоями из местных укрепленных материалов, необходимо отметить наличие важных эксплуатационных характеристик: более длительное сохранение ровности покрытия, а также улучшение водно-теплового режима земляного полотна, что обуславливает увеличение его долговечности.

К наиболее распространенным грунтовым строительным материалам на территории России и Республики Татарстан относятся глинистые грунты. Основным сдерживающим фактором их широкого применения в дорожном строительстве является резкое снижение физико-механических характеристик при увлажнении в осенне-

весенний период [1], что снижает эффективность применения традиционных технических решений – использование для укрепления вяжущих веществ.

Кроме того, обобщая многолетний отечественный и зарубежный практический опыт применения укрепленных грунтов, следует напомнить о том, что грунты, укрепленные вяжущими, характеризуются комплексом отрицательных физико-механических свойств [2]. По этой причине уже на ранней стадии разработки методов укрепления грунтов с применением в качестве вяжущего цемента были начаты исследования по использованию добавок, придающих свойство гидрофобности и, как следствие, – повышенную морозостойкость и деформативность материала [3].

Первыми исследованиями по приданию грунтам гидрофобности явились работы П.А. Ребиндера и Н.Н. Серб-Сербиной, в которых для целей повышения водонепроницаемости было предложено применять мылонафт и другие технические мыла [4].

В настоящее время для придания гидрофобных свойств укрепленным грунтам целесообразно применять следующие добавки:

- 1) органических вяжущих – битумных эмульсий и жидких битумов;
- 2) гидрофобных поверхностно-активных веществ и кремнийорганических соединений.

Применение в качестве гидрофобизирующей добавки для грунтов, укрепленных цементом, органических вяжущих ведет к приросту физико-механических характеристик, таких как прочность и морозостойкость, а также к повышению деформативности и понижению истираемости [2]. Однако высокая стоимость битумных эмульсий и жидких битумов, их повышенный расход не позволяют расширять границы применения грунтов, укрепленных цементом и гидрофобизированных органическими вяжущими.

Нами проводятся исследования по повышению качества укрепленных грунтов добавками гидрофобизаторов на основе кремнийорганических соединений. Целью данной работы явилось исследование физико-механических свойств местных грунтов, укрепленных цементом с добавкой гидрофобизатора ГФС-1.

В основе гидрофобизации цементогрунта добавками кремнийорганических соединений лежит явление химической адсорбции этих реагентов поверхностью элементарных минеральных частиц и их микроагрегатов и возникновение на них мономолекулярных или полимолекулярных водоотталкивающих кремнийорганических полимерных пленок. В процессе взаимодействия этих реагентов с грунтом происходит сложный обмен между реакционноспособными группами гидрофобизатора и поглощающим комплексом тонкодисперсной части грунта, при этом протекают реакции полимеризации и поликонденсации.

Молекулы кремнийорганических гидрофобизирующих жидкостей состоят из двух частей, противоположных по своей природе и свойствам. Одна часть представляет собой гидрофильную полярную силоксановую группировку с кремнийкислородными связями, которая вступает в химическую связь с влагой, находящейся в порах и на поверхности частиц грунта, а также с реакционноспособными участками (нескомпенсированными зарядами кристаллической решетки) минеральной части грунта. При этом кремнийкислородные связи ориентируются по направлению к поверхности минеральных частиц. Другая часть кремнийорганических соединений представляет собой гидрофобные неполярные углеводородные радикалы, связанные с кремнием и нерастворимые в воде. Они образуют водоотталкивающий слой, при этом углеводородные радикалы ориентируются в направлении от поверхности минеральных частиц в сторону порового пространства [3].

Для исследований использован суглинок легкий пылеватый и супесь песчанистая по [5]. В качестве вяжущего применен портландцемент марки ПЦ 400-Д0-Н с дозировкой 8 %, 10 % и 12 % от массы грунта. Дозировка кремнийорганической жидкости ГФС-1 составила 0,5 % и 1 % от массы грунта.

Результаты испытаний физико-механических свойств образцов укрепленных грунтов с добавкой гидрофобизатора ГФС-1 приведены в табл. 1. Зависимости физико-механических свойств укрепленных грунтов от расхода цемента и дозировки добавки показаны на рис. 1 и 2.

Таблица 1

**Физико-механические характеристики образцов грунтов, укрепленных цементом
с добавкой гидрофобизатора ГФС-1**

Материал	Расход вяжущего, %	Расход добавки, %	Предел прочности, МПа		Водо-насыще-ние	Кэф-фициент морозо-стой-кости
			при сжатии	на растяжение при изгибе		
Суглинок легкий пылеватый	8	0,0	2,09	0,53	9,6	0,35
		0,5	2,30	0,65	5,9	0,49
		1,0	2,57	0,86	2,9	0,51
	10	0,0	2,51	0,68	8,4	0,47
		0,5	2,78	0,87	4,6	0,55
		1,0	3,15	1,08	2,1	0,63
	12	0,0	3,06	0,81	6,4	0,52
		0,5	3,43	0,96	3,3	0,68
		1,0	3,87	1,18	1,8	0,76
Супесь песчанистая	8	0,0	4,03	0,80	5,8	0,63
		0,5	4,33	0,90	2,1	0,82
		1,0	4,48	0,93	1,9	0,83
	10	0,0	5,26	0,88	4,4	0,71
		0,5	5,60	1,06	1,1	0,91
		1,0	5,71	1,09	1,1	0,91
	12	0,0	5,88	0,94	3,4	0,76
		0,5	6,35	1,20	0,8	0,95
		1,0	6,43	1,26	0,7	0,96

Анализ полученных данных показывает, что рост прочности при сжатии суглинка, укрепленного цементом, происходит в зависимости от расхода цемента и дозировки добавки гидрофобизатора ГФС-1 (рис. 1). При увеличении дозировки добавки гидрофобизатора ГФС-1 наибольшее значение прироста прочности составляет 26 % у составов с расходом цемента 12 %. В результате установлена зависимость роста прочности при сжатии укрепленного суглинка от дозировки гидрофобизатора, эффективность которого растет с увеличением расхода добавки и цемента.

Из графика рис. 2 видно, что прочность при сжатии супеси, укрепленной цементом, также зависит от расхода цемента и дозировки добавки ГФС-1. Так, при увеличении дозировки добавки гидрофобизатора наибольшее значение прироста прочности составляет 9 % у составов с расходом цемента 12 %. При этом численные значения прочности при сжатии образцов из укрепленной супеси значительно превышают данные показатели из укрепленного суглинка.

Введение гидрофобизатора способствует значительному приросту прочности на растяжение при изгибе для всех составов. При добавлении гидрофобизирующей жидкости ГФС-1 в состав укрепленного суглинка наибольшее значение прироста прочности составляет 62 % у образцов с расходом цемента 8 % (рис. 1). Максимальный прирост прочности на растяжение при изгибе составил для укрепленной супеси 34 % при расходе цемента 12 %. (рис. 2). При этом установлено, что прочность на растяжение при изгибе образцов из укрепленной супеси превышает прочность образцов из укрепленного суглинка при расходе цемента 12% и всех дозировках гидрофобизатора, в отличие от составов с меньшим расходом цемента 8 и 10 %.

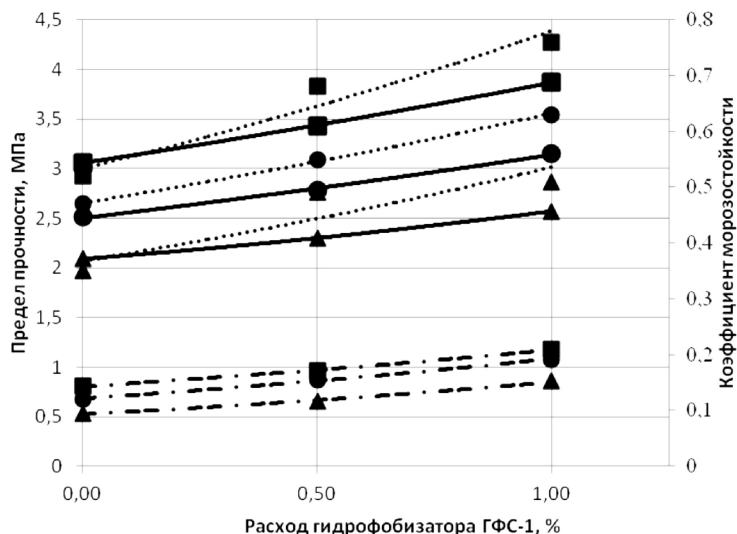


Рис. 1. Изменение физико-механических свойств суглинка легкого пылеватого, укрепленного цементом, с добавкой гидрофобизатора ГФС-1,
 – коэффициент морозостойкости;
 - - - - - предел прочности на растяжение при изгибе, МПа;
 ———— – предел прочности на сжатие, МПа
 ■ – 12 % портландцемента,
 ● – 10 % портландцемента,
 ▲ – 8 % портландцемента

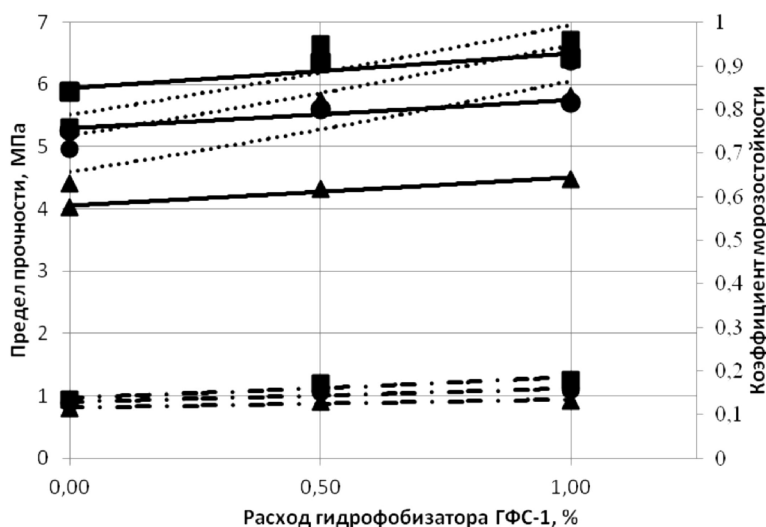


Рис. 2. Изменение физико-механических свойств супеси песчанистой, укрепленной цементом, с добавкой гидрофобизатора ГФС-1
 – коэффициент морозостойкости;
 - - - - - предел прочности на растяжение при изгибе, МПа,
 ———— – предел прочности на сжатие, МПа
 ■ – 12 % портландцемента,
 ● – 10 % портландцемента,
 ▲ – 8 % портландцемента

Важнейшим показателем материалов дорожных одежд автомобильных дорог является морозостойкость. Максимальная остаточная прочность на сжатие после 15 циклов замораживания-оттаивания составила для суглинка легкого пылеватого – 2,94 МПа при 12 % цемента и 1 % добавки ГФС-1, для супеси песчанистой – 6,17 МПа при тех же соотношениях добавки и вяжущего. При этом коэффициент морозостойкости составил для

суглинка 0,76, для супеси 0,96 (рис. 1, рис. 2). Следовательно, добавка гидрофобизатора ГФС-1 в укрепленном суглинке позволила получить материал, отвечающий требованиям ГОСТ 23558-94 по морозостойкости. Требуемую морозостойкость материала из укрепленной супеси можно получить введением гидрофобизатора ГФС-1 при меньших расходах цемента и добавки соответственно 8 % и 0,5 %.

На основе анализа результатов проведенных исследований сделаны следующие **выводы:**

1. Введение гидрофобизирующей добавки ГФС-1 повысило прочность при сжатии (до 26 %) укрепленных материалов, по сравнению с теми же бездобавочными составами.

2. С введением гидрофобизирующей добавки более интенсивно увеличились значения прочности на растяжение при изгибе (до 62 %), что свидетельствует об увеличении деформативности полученных материалов, а, следовательно, повышении их трещиностойкости.

3. Марка по морозостойкости составов из супеси, укрепленной цементом с добавкой гидрофобизатора ГФС-1, при всех расходах цемента составила не ниже F15.

В составах из суглинка данный показатель получен при 12 % цемента и 1 % гидрофобизатора.

4. Полученный материал из укрепленных местных грунтов пригоден для устройства основания и покрытия со слоем износа в конструкциях облегченного и переходного типа дорожных одежд, дополнительного слоя основания в облегченных дорожных одеждах, верхних слоев земляного полотна при его переувлажнении в условиях дорожно-климатической зоны Республики Татарстан.

5. Модификация укрепленных грунтов введением в их состав гидрофобизатора ГФС-1 способствует повышению качества материала дорожных одежд сельских автомобильных дорог и расширению номенклатуры сырьевой базы Республики Татарстан.

Список литературы

1. Автомобильные дороги: Одежды из местных материалов: учеб. пособие для вузов / Под ред. А.К. Славуцкого. – М.: Транспорт, 1987. – 255 с.
2. Безрук В.М. Укрепленные грунты (свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве). – М.: Транспорт, 1982. – 231 с.
3. Безрук В.М. Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве. – М.: Транспорт, 1971. – 247 с.
4. Ребиндер П.А., Серб-Сербина Н.Н. Придание грунтам водонепроницаемости и механической прочности. – Л.: Академия наук СССР, 1942. – 187 с.
5. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. – М., 1997 – 37 с.

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

Mavliev L.F. – post-graduate student

E-mail: vdovin@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Improving the quality of soil stabilization by introducing hydrophobic additives

Resume

This work is devoted to solving the urgent problems of the Republic of Tatarstan for connecting rural areas of paved roads and diversification of road-building materials from local soils. Based on the literature review identified key weaknesses reinforced cement local soils.

The authors propose a method of improving the quality of local clay soils reinforced by the introduction of water repellent. The aim of the work was to study the physical and mechanical properties of the hardened cement local soil with the addition of liquid silicone GFS-1.

According to the research determined the effect of liquid silicone GFS-1 on the physical and mechanical properties of local fortified clay soils. The test results showed that the introduction of reinforced soil repellent GFS-1 promotes growth of the compressive strength and tensile bending, increase water resistance, cold resistance, and therefore durability.

Sustainable growth of defined physical-mechanical characteristics of the resulting material provides a broad range of applications in road construction.

Technical and economic calculations show that the use of fortified soil instead of equally imported stone materials reduces construction costs by 20-60 %. In addition to the marked economic efficiency pavement with structural layers of the local fortified materials provide extended coverage preserving smoothness and help to improve the water-heat regime roadbed.

Keywords: soil reinforcement, repellent, liquid silicone, compressive strength, tensile strength in bending and frost hardened ground.

References

1. Roads: Clothes made of local materials: studies. Textbooks for Schools / Ed. A.K. Slavutskogo. – M.: Transport, 1987. – 255 p.
2. Bezruk V.M. Soil stabilization (properties and application in road and airport construction). – M.: Transport, 1982. – 231 p.
3. Bezruk V.M. Soil stabilization in road and airfield construction. – M.: Transport, 1971. – 247 p.
4. Reh binder PA, Serb-Serbina N.N. Giving soils waterproofing and mechanical strength. – L.: Academy of Sciences of the USSR, 1942. – 187 p.
5. GOST 25100-95. Soils. Classification. – M., 1997 – 37 p.