

УДК 625.8

Д. С. НАУМЕНКО, А. С. ЧМЫРЬ, Д. И. БОРОДАЙ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ
СЛАНЦЕВ С ЦЕЛЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ В КОНСТРУКЦИИ
ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Аннотация. Выполнен анализ целесообразности использования местных материалов в дорожном строительстве. Исследованы физико-механические свойства глинистых сланцев. Установлено, что низкая прочность и морозостойкость глинистых сланцев не позволяет использовать их в конструкции земляного полотна. Исследованы физико-механические свойства глинистых сланцев, укрепленных цементом. Установлен оптимальный расход цемента, при котором прочностные характеристики сланцев удовлетворяют нормативным требованиям к грунтам земляного полотна.

Ключевые слова: местные материалы, земляное полотно, укрепление грунтов, глинистый сланец.

ФОРМУЛИРОВАНИЕ НАУЧНОЙ ЗАДАЧИ

Для дорожного строительства характерным является потребление большого количества минеральных материалов. Для возведения земляного полотна и дорожной одежды автомобильной дороги необходимы значительные объемы грунтов, а также различных каменных материалов. Для линейных земляных работ в слабопересеченной местности потребность в таких материалах составляет 12...24 тыс. м³ на 1 км автомобильной дороги.

В случае отсутствия в районе строительства источников этих материалов их транспортировка на большие расстояния ведет к увеличению стоимости строительных работ. Одним из основных направлений снижения стоимости строительства автомобильных дорог является использование местных материалов, для которых не требуются дальние перевозки автомобильным транспортом, а также исключены перевозки железнодорожным транспортом. Исходя из этого, к местным, а следовательно, к доступным для применения и дешевым материалам следует относить как повсеместно залегающие, широко распространенные природные грунты различного состава, так и твердые обломочные отходы производства и некондиционные каменные материалы, называемые искусственными (техногенными) грунтами [1].

Однако особенности физико-механических свойств местных материалов ограничивают их применение в дорожных конструкциях в чистом виде. В этом случае необходимым условием их использования является укрепление при помощи различных вяжущих веществ.

Разработка различных методов укрепления грунтов была начата в Советском Союзе в конце 20...30-х годов XX века [1]. Первым нормативным документом, обобщившим опыт разработок по укреплению грунтов в дорожном строительстве, стали СН 25-74 [2], которые позже были дополнены рядом методических рекомендаций [3–6]. Современными основными нормативными документами, устанавливающими требования к укреплению грунтов неорганическими вяжущими, в Российской Федерации является ГОСТ 23558-94 [7], в Украине – ГБН В.2.3-37641918-554:2013 [8]. Опыт СоюздорНИИ был обобщен в ОДМ «Руководство по грунтам и материалам, укрепленным неорганическими вяжущими» [9].

Наиболее распространенными материалами для возведения земляного полотна автомобильных дорог являются грунты (песчаные, глинистые и суглинистые). Гораздо реже из-за трудностей при

уплотнении используются каменные материалы из прочных скальных горных пород (гравий, щебень, дресва). В меньшем объеме при возведении земляного полотна используют мягкие породы, которые по прочности занимают промежуточное значение между прочными (скальными) породами и грунтами. К таким породам относятся аргиллиты, глинистые и песчано-глинистые сланцы.

Отличительной особенностью сланцев является ориентированное размещение породообразующих минералов, вследствие чего они способны раскалываться на пластинки (сланцеватость). Сланцеватость является причиной того, что в конструкции земляного полотна автомобильных дорог в результате комплексного воздействия механических нагрузок и природных факторов (увлажнение – высушивание, замерзание – оттаивание) сланцы могут разрушаться из-за повышенной усадки. Поэтому при использовании сланцев в каждом конкретном случае необходимы лабораторные исследования их физико-механических свойств с целью разработки рекомендаций по их применению в конструкции земляного полотна автомобильных дорог.

Проблема отсутствия грунтов, обладающих необходимыми физико-механическими свойствами для возведения земляного полотна автомобильных дорог, актуальна для условий строительства в городе Донецке. На отдельных участках территории города при проведении земляных работ были обнаружены выходы на поверхность глинистых сланцев, образцы которых были приняты для исследования возможности их применения в дорожном строительстве.

Целью работы является исследование физико-механических свойств глинистых сланцев и разработка рекомендаций по их применению в конструкции земляного полотна при строительстве автомобильных дорог в городе Донецке.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Исследования по определению физико-механических свойств сланцев проводились по стандартным методикам согласно действующим нормативным документам:

- ДСТУ Б В.2.1-17:2009 «Грунты. Методы лабораторного определения физических свойств»;
- ДСТУ Б В.2.1-12:2009 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности»;
- ДСТУ Б В.2.1-19:2009 «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава»;
- ДСТУ Б В.2.1-4-96 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформированности».

Результаты испытаний образцов сланцев приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства глинистых сланцев

Наименование показателей	Значение показателей
Плотность частиц, г/см ³	2,49
Плотность скелета при стандартном уплотнении, г/см ³	2,29
Объемный вес (насыпная плотность), г/см ³	0,75
Оптимальная влажность при стандартном уплотнении, %	14,1
Предел текучести мелкозема фр. 0,315...0,071 мм, %	31
Предел раскатывания (пластичности) мелкозема фр. 0,315...0,071 мм, %	20
Прочность на сжатие, МПа	1,35
Число пластичности	7
Испытания на морозостойкость (после 15 циклов)	не выдерживает
Внешний вид	комковатый материал темно-серого цвета
Гранулометрический состав, содержание фракций, %	
5,0 мм	0,13
2,5 мм	1,62
1,25 мм	6,59
0,63 мм	19,25
0,315 мм	37,42
0,14 мм	33,88
0,071 мм	1,11

Результаты испытаний, представленные в таблице 1, позволяют сделать вывод о том, что глинистые сланцы с подобными физико-механическими свойствами в чистом виде нецелесообразно использовать при сооружении земляного полотна автомобильной дороги. Это связано с тем, что низкие показатели прочности и морозостойкости не соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к грунтам для возведения земляного полотна автомобильных дорог.

Одним из решений проблемы недостаточной прочности и морозостойкости местного грунта может быть укрепление его при помощи минеральных вяжущих веществ. Основываясь на опыте укрепления малопрочных грунтов в дорожном строительстве [1–6, 9], а также принимая во внимание рекомендации действующих нормативных документов [7–8], принято решение об исследовании физико-механических свойств глинистых сланцев, укрепленных портландцементом марки ПЦ-1-400.

Задача исследования заключалась в определении оптимального количества добавки цемента, при котором физико-механические свойства укрепленного грунта будут соответствовать нормативным требованиям к грунту земляного полотна автомобильных дорог.

Предел прочности при сжатии и предел прочности на растяжение при изгибе водонасыщенных образцов определялись согласно ДСТУ Б В.2.7-214. Морозостойкость и коэффициент морозостойкости определены по ДСТУ Б В.2.7-48.

Ориентировочное количество цемента принято в количестве 3,0, 3,5, 4,0 и 5,0 % по массе согласно рекомендациям [8].

Результаты определения физико-механических свойств образцов сланцев, укрепленных цементом, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические свойства глинистых сланцев, укрепленных цементом

Наименование показателей	Количество цемента, % по массе			
	3,0	3,5	4,0	5,0
Плотность скелета при стандартном уплотнении, г/см ³	2,67	2,71	2,80	2,91
Оптимальная влажность при стандартном уплотнении, %	5,3	5,0	4,8	4,6
Водопоглощение, %	16,5	17,2	17,4	17,9
Прочность при сжатии R _{сж} , МПа	2,8	3,3	4,6	5,1
Прочность при сжатии в водонасыщенном состоянии R _{сж.в.} , МПа	2,5	3,1	4,5	4,9
Предел прочности на растяжение при изгибе R _р , МПа	0,32	0,43	0,54	0,60
Морозостойкость циклы МРЗ, не менее 10	выдержал	выдержал	выдержал	выдержал
Коэффициент морозостойкости	0,4	0,6	0,7	0,7

Сравнивая результаты исследования, приведенные в таблице 2, с требованиями, предъявляемыми к физико-механическим свойствам материалов, укрепленных цементом, согласно [8], можно сделать вывод, что рассматриваемые образцы глинистых сланцев при укреплении их портландцементом ПЦ-1-400 в количестве 3,5 % по массе грунта соответствуют марке по прочности М20 и могут быть рекомендованы для устройства рабочего слоя земляного полотна автомобильных дорог.

ВЫВОДЫ

Выполненные исследования физико-механических свойств глинистых сланцев свидетельствуют о том, что в природном состоянии эти грунты непригодны для использования в конструкции земляного полотна автомобильных дорог вследствие низкой прочности и морозостойкости, которые вызваны особенностями строения (сланцеватостью). Однако в случае отсутствия рядом с местом строительства подходящих грунтов для возведения земляного полотна целесообразно использование для этих целей глинистых сланцев при укреплении их цементом в количестве не менее 3,5 % по массе грунта, что обеспечит прочность и устойчивость земляного полотна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фурсов, С. Г. Строительство конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами [Текст] / С. Г. Фурсов. – М. : Информавтодор, 2007. – 76 с. : ил. – (Автомобильные дороги и мосты : обзор. информ. ; вып. 3).
2. Инструкции по применению грунтов, укрепленных вяжущими материалами, для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов [Текст] : СН 25-74 / ред. И. Д. Демин [и др.] . – М. : Стройиздат, 1975. – 129 с.

3. Методические рекомендации по укреплению местных грунтов верхней части земляного полотна неорганическими вяжущими [Текст] : Методические рекомендации / разработ. Ю. М. Васильев, М. Г. Мельникова, Т. Е. Полтаранова. – М. : Союздорнии, 1977. – 19 с.
4. Методические рекомендации по совершенствованию методов проектирования дорожных одежд с основаниями из укрепленных грунтов и материалов [Текст] : Методические рекомендации / разработ. И. И. Теляев, Ю. М. Васильев. – М. : Союздорнии, 1977. – 19 с.
5. Методические рекомендации по укреплению грунтов малопрочных каменных материалов и отходов промышленности вяжущими для использования их при строительстве дорог (в том числе в нечерноземных областях РСФСР) [Текст] : Методические рекомендации / сост. И. Л. Горячков [и др.]. – М. : Союздорнии, 1978. – 25 с.
6. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 23558-79 ; введ. 01.01.1995. – М. : Стандартинформ, 2005. – 8 с.
7. ГБН В.2.3-37641918-554:2013. Шари дорожнього одягу з кам'яних матеріалів, відходів промисловості і ґрунтів, укріплених цементом. Проектування та будівництво [Текст] . – Взамен ВБН В.2.3-218-002-95 ; чинний від 2013-11-01. – К. : Укравтодор, 2013. – 43 с.
8. Руководство по грунтам и материалам, укрепленным неорганическими вяжущими [Текст] : Отраслевой дорожный методический документ / разработ. С. Г. Фурсов [и др.]. – М. : Росавтодор, 2003. – 36 с.

Получено 30.12.2016

Д. С. НАУМЕНКО, А. С. ЧМИР, Д. І. БОРОДАЙ
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЛИНИСТИХ
СЛАНЦІВ З МЕТОЮ ВИКОРИСТАННЯ ЇХ В КОНСТРУКЦІЇ ЗЕМЛЯНОГО
ПОЛОТНА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. Виконано аналіз доцільності використання місцевих матеріалів в дорожньому будівництві. Досліджено фізико-механічні властивості глинистих сланців. Встановлено, що низька міцність і морозостійкість глинистих сланців не дозволяє використовувати їх в конструкції земляного полотна. Досліджено фізико-механічні властивості глинистих сланців, укріплених цементом. Встановлено оптимальні витрати цементу, за яких міцнісні характеристики сланців задовольняють нормативні вимоги до ґрунтів земляного полотна.

Ключові слова: місцеві матеріали, земляне полотно, зміцнення ґрунтів, глинистий сланець.

DENIS NAUMENKO, ALINA CHMYR, DENIS BORODAY
INVESTIGATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SHALE
IN ORDER TO USE THEM IN THE EMBANKMENT
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The analysis of the feasibility of using local materials in road construction has been carried out. The physical and mechanical properties of shale have been examined. It has been found out that low strength and frost-resistance of shale is not possible to use them in the embankment. The physical and mechanical properties of shale reinforced cement have been examined. It has been found out the optimal consumption of cement, in which the strength characteristics of the shale satisfy regulatory requirements for embankment soil.

Key words: local materials, embankment, soil strengthening, shale.

Науменко Денис Сергеевич – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование отходов промышленности в дорожном строительстве.

Чмырь Алина Сергеевна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование отходов промышленности в дорожном строительстве.

Бородай Денис Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: надежность и долговечность транспортных сооружений.

Науменко Денис Сергійович – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання відходів промисловості в дорожньому будівництві.

Чмырь Аліна Сергіївна – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання відходів промисловості в дорожньому будівництві.

Бородай Денис Ігорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: надійність та довговічність транспортних споруд.

Naumenko Denis – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: using of industrial wastes in road construction.

Chmyr Alina – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: using of industrial wastes in road construction.

Boroday Denis – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliability and durability of transport constructions.