

УДК 625.7/.8:624.138 (571.56)

**УКРЕПЛЕНИЕ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ СТАБИЛИЗАТОРОМ ПРИ  
СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ  
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА**

Аспирант **Г.В. Егоров**  
(СВФУ им. М.К. Аммосова),  
научный сотрудник **А.В. Андреева**,  
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник **О.Н. Буренина**  
(Институт проблем нефти и газа СО РАН)  
Конт. информация: [egorovgrigoriadf@yandex.ru](mailto:egorovgrigoriadf@yandex.ru)

---

*В статье изложены результаты исследований физико-механических свойств образцов укрепленных стабилизатором грунтов. Определен оптимальный состав укрепленной грунтовой смеси.*

**Ключевые слова:** стабилизатор, прочность, плотность, влажность, дорожная одежда, морозостойкость, водопоглощение, портландцемент.

---

Применение укрепленных грунтов в основаниях дорожных одежд автомобильных дорог является одним из наиболее реальных способов снижения стоимости их строительства и экономии ресурсов. Такие материалы не требуют дальних перевозок автомобильным транспортом, при этом исключается необходимость их транспортирования по железной дороге. Нехватка и дороговизна привозных традиционных строительных материалов делает необходимым использование во все большем количестве местного грунта (грунта в естественном залегании непосредственно на строительной площадке) при строительстве и поддержании дорог.

В настоящее время в России построено и эксплуатируется свыше 30 тыс. км дорог, в основаниях и покрытиях которых использованы укрепленные грунты. Во всем мире площадь слоев конструкций автомобильных дорог и аэродромов, устроенных с использованием укрепленных грунтов, превышает 3 млрд. м<sup>2</sup> [1]. В Республике Саха (Якутия) в основном применяют традиционные методы укрепления, в частности, цементом. В этом случае необходимо использовать большое количество дорогостоящего цемента.

При разработке любых методов укрепления грунтов в целях качественного изменения первоначальных их свойств всегда необходимо всесторонне учитывать свойства и особенности тонкодисперсной (глинисто-коллоидной) части грунта, а также емкость обмена и состав по-

глощающего комплекса, минералогический и химический составы, генетические признаки грунта [2].

Надлежащие свойства укрепленных грунтов гарантируются не только правильным подбором состава, но и соблюдением технологий при их приготовлении, уплотнении и уходе.

При устройстве слоев основания и морозозащитного слоя проезжей части и обочин из укрепленных грунтов поступление влаги к материалу земляного полотна сверху через дорожную одежду практически исключается. В результате этого влажность верхней части земляного полотна всегда бывает меньше, чем при устройстве традиционных щебеночных оснований на дренирующем песчаном слое. Вследствие хорошей распределяющей способности слоев из укрепленных грунтов ровность покрытий на таких основаниях обычно лучше, чем на щебеночном или гравийном.

Направленное изменение свойств местных грунтов возможно модифицированием их поверхностно-активными веществами (ПАВ) специального действия – различными стабилизаторами и добавками. В производстве строительных материалов под модифицированием понимают видоизменение физико-химической структуры и свойств материала путем введения в его состав различных элементов или добавления к нему определенных веществ. При этом добавляемое вещество называют модификатором, введение которого в малых количествах в состав материала вызывает изменение структуры и свойств последнего.

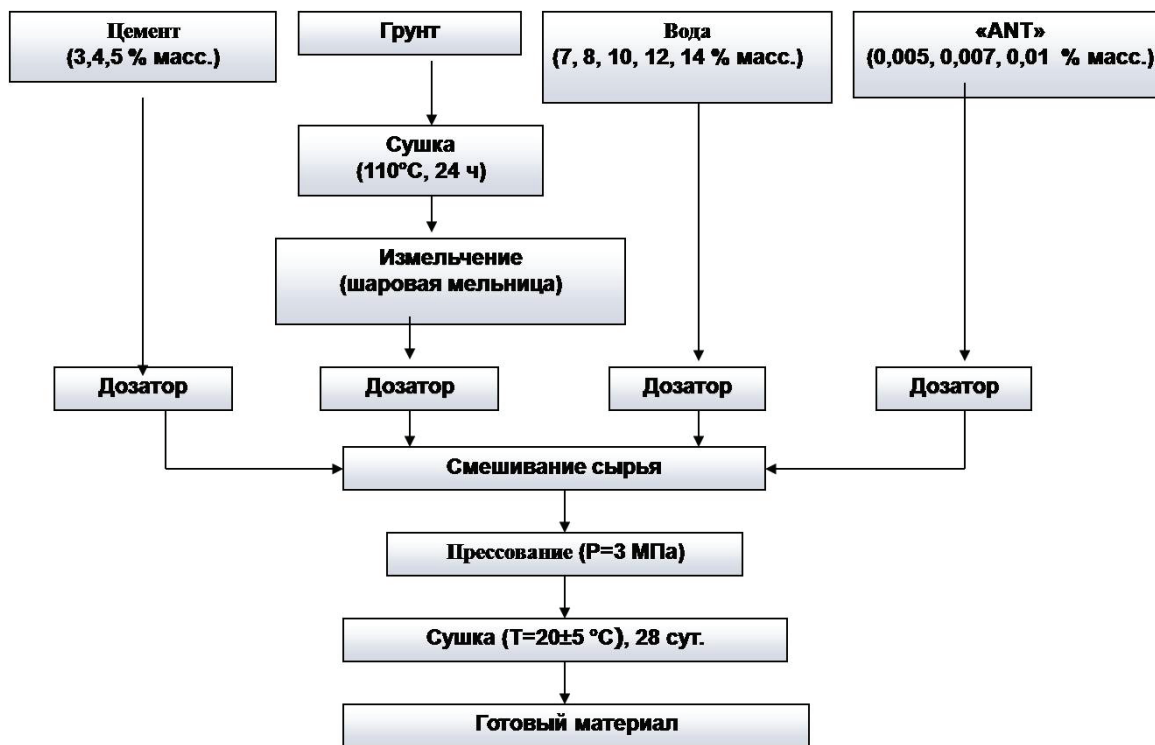
Целью представленной в данной статье работы являлся подбор оптимального состава укрепленной грунтовой смеси с применением стабилизатора для строительства автомобильных дорог в условиях Севера.

В качестве объектов исследования были выбраны:

- глина Тураннахского месторождения Республики Саха (Якутия);
- ионный стабилизатор «АНТ»;
- портландцемент 400-Д20 Мохсоголлохского месторождения Республики Саха (Якутия), производства ОАО ПО «Якутцемент».

Ионный стабилизатор «АНТ» представляет собой водорастворимую активную органо-минеральную добавку, содержащую амфотерные ПАВ и микроэлементы. Стабилизатор «АНТ», за счет содержания в нем микроэлементов и ПАВ, обеспечивает ионное замещение пленочной воды на поверхности глинистых и коллоидных частиц, а также ионный обмен с поглощающим комплексом, обуславливая их коагуляцию. Активные вещества «АНТ» адсорбируются на поверхности каменных материалов, материалах дробления дорожных одежд и грунтовых агрега-

тов, повышая их гидрофобность. В качестве вяжущего использовали широко применяемый в дорожном строительстве портландцемент.



*Рис. 1. Технологическая схема изготовления образцов укрепленной грунтовой смеси*

Согласно технологической схеме изготовления образцов укрепленной грунтовой смеси (рис. 1), для проведения исследований были изготовлены цилиндрические образцы диаметром и высотой, равными 50 мм, на технологическом оборудовании, разработанном в Институте неметаллических материалов СО РАН [3]. При этом усилие прессования (P) составляло 3 МПа, формовочная влажность (W) – 7-14 % масс. Содержание ионного стабилизатора варьировалось от 0,005 до 0,01 % масс., количество портландцемента – от 3 до 5 % масс. Продолжительность сушки образцов составила 28 суток. Было исследовано влияние количества вводимых добавок на прочность при сжатии разрабатываемых материалов, с определением их оптимальных значений [4].

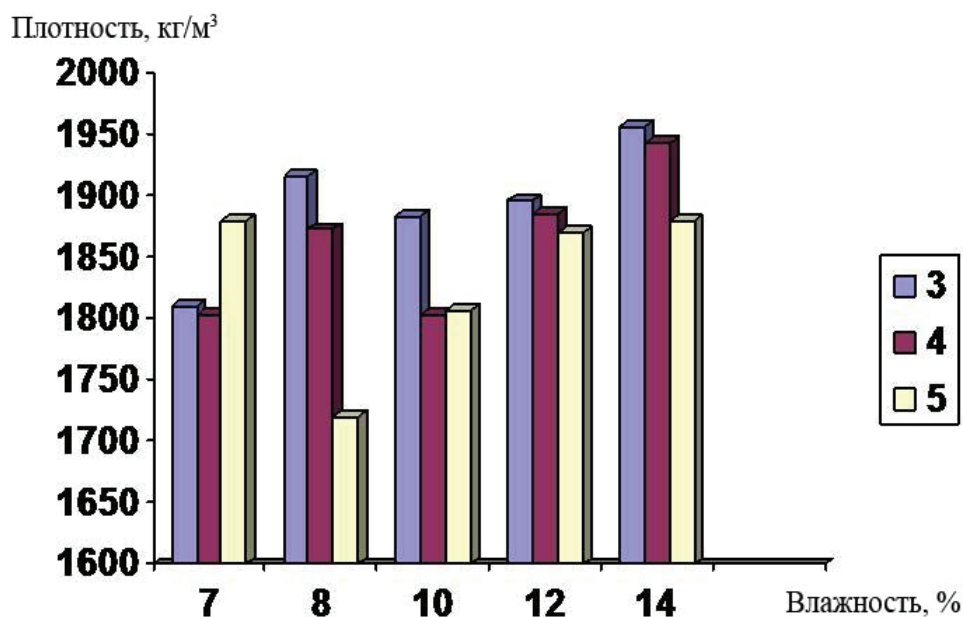
Установлено, что основное количество влаги в материалах всех рецептур удаляется в первые трое суток, причем скорость десорбции и количество остаточной влаги (около 2 % масс.) не зависят от исходной влажности сырья. Это объясняется тем, что в начале сушки, когда в глинистых грунтах имеется свободная вода, ее передвижение по капиллярам к поверхности испарения происходит с достаточно большой ско-

ростью. При дальнейшей сушке образцов силы, удерживающие влагу на поверхности частиц, возрастают, что служит причиной постепенного уменьшения подвижности влаги и замедления процесса сушки. Процесс сушки считается законченным по истечении 28 сут. Высушенные до постоянной массы образцы считаются исходными и готовыми для проведения экспериментов.

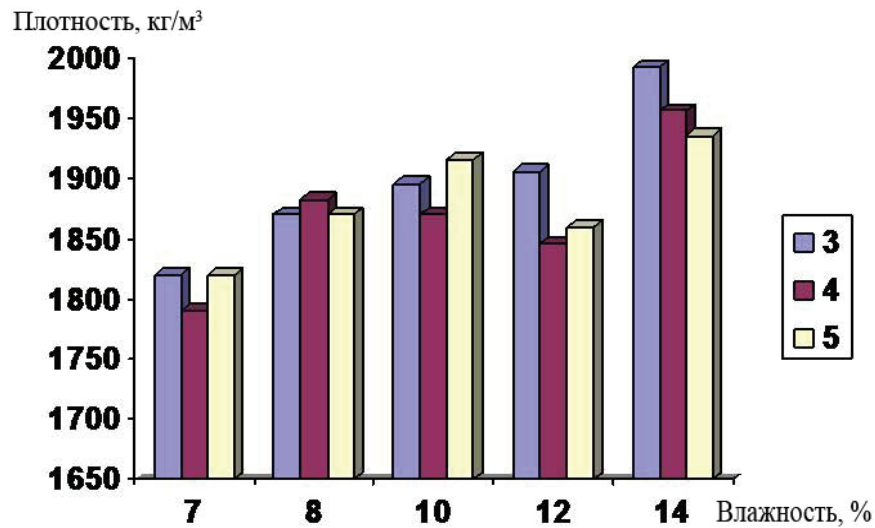
Результаты исследования плотности образцов в зависимости от количества вводимых добавок цемента и стабилизатора «ANT» представлены на **рис. 2-4**. Установлено, что плотность образцов всех рецептур увеличивается с повышением влажности исходного сырья. При этом максимальная плотность достигается при влажности, равной 14 % масс.

Введение различного количества цемента и стабилизатора «ANT» на значения плотности образцов сказывается незначительно, тем не менее, наблюдается тенденция к незначительному увеличению плотности при содержании цемента в количестве 3 % масс. и стабилизатора «ANT» в количестве 0,007 % масс.

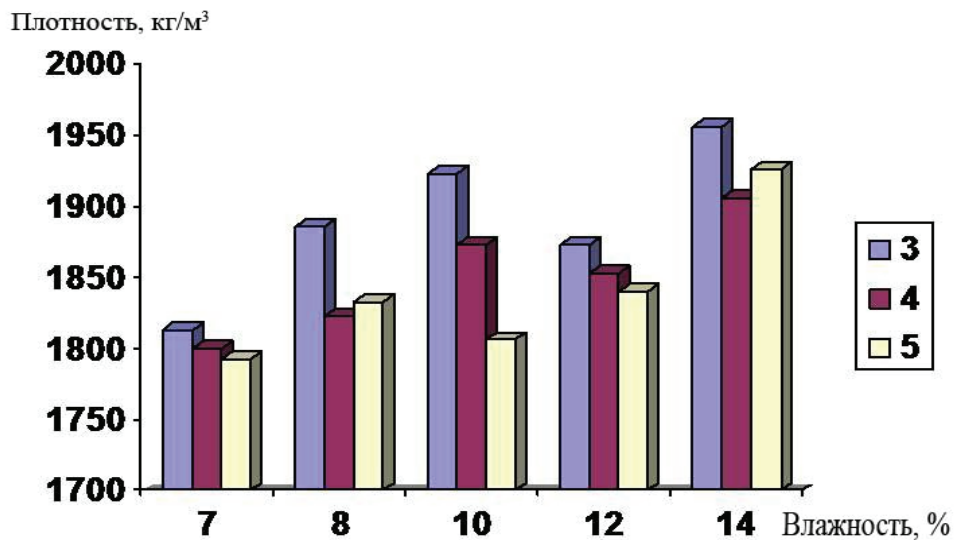
Таким образом, результаты исследования плотности образцов позволили предположить улучшение физико-механических свойств материалов, содержащих в своем составе цемент в количестве 3 % масс. и стабилизатор «ANT» – 0,007 % масс.



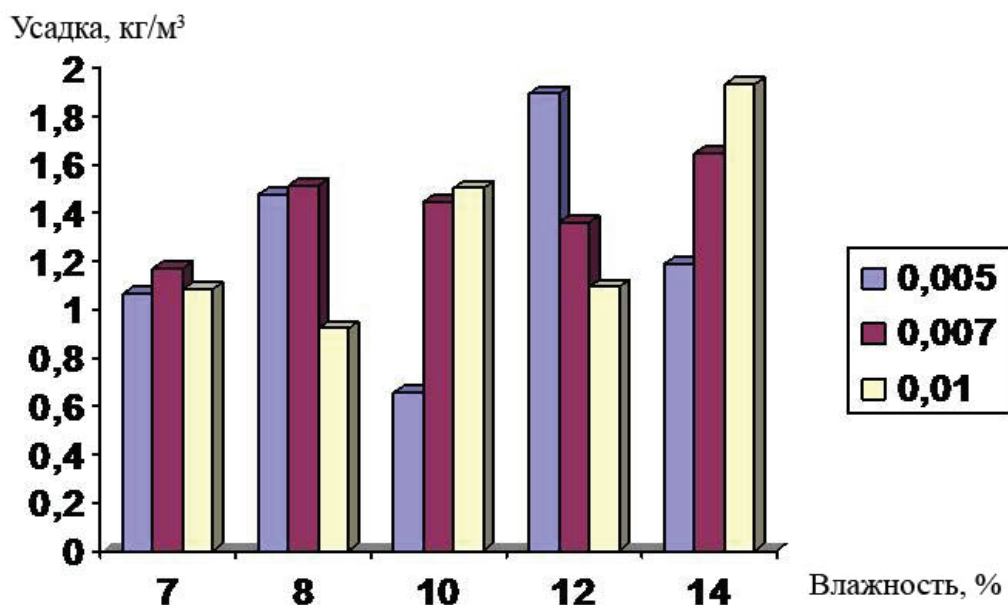
*Рис. 2. Зависимость плотности образцов укрепленных грунтов от влажности, содержания цемента (3, 4, 5 % масс.) и содержания стабилизатора «ANT» (0,005 % масс.)*



*Рис. 3. Зависимость плотности образцов укрепленных грунтов от влажности, содержания цемента (3, 4, 5 % масс.) и содержания стабилизатора «ANT» (0,007 % масс.)*



*Рис. 4. Зависимость плотности образцов укрепленных грунтов от влажности, содержания цемента (3, 4, 5 % масс.) и содержания добавки «ANT» (0,01 % масс.)*



*Рис. 5. Зависимость воздушной усадки образцов укрепленных грунтов от влажности, содержания стабилизатора «ANT» (0,005, 0,007, 0,01 % масс.) и содержания портландцемента (3 % масс.)*

Воздушная усадка образцов была определена на материалах, содержащих 3 % масс. цемента. Установлено, что воздушная усадка увеличивается с повышением влажности исходного сырья и составляет около 2 % при влажности 14 % масс. При этом наименьшей воздушной усадкой обладают образцы грунтов с содержанием стабилизатора «ANT» в количестве 0,007 % масс. (рис. 5). Как отмечалось выше, глинистый грунт характеризуется малой воздушной и общей усадкой, что будет благоприятно сказываться на показателях трещиностойкости реальных укрепленных грунтов. Анализ полученных результатов показал, что прочность при сжатии образцов грунтов увеличивается линейно в зависимости от количества портландцемента. При этом наблюдается повышение прочности при сжатии до 20 %. Однако исходя из экономической целесообразности было выбрано оптимальное количество вводимого портландцемента, равное 3 % масс., что обеспечивало получение достаточного значения прочности при сжатии.

Дальнейшие исследования заключались в определении оптимального количества вводимого ионного стабилизатора «ANT». Установлено, что увеличение количества ионного стабилизатора приводит к линейному повышению прочности материалов. Учитывая показатели ГОСТ 30491 97 [4] для укрепленных грунтов – 1,5 МПа, экономически выгодно использовать композиты с добавкой «ANT» в количестве 0,005 % масс.

При использовании комплекса добавок для определения оптимального состава с наилучшим показателем по прочности при сжатии были изготовлены образцы следующего состава:

- глинистое сырье – 84,995 % масс.;
- «АНТ» – 0,005 % масс.;
- портландцемент – 3 % масс.;
- вода – 12 % масс.

Установлено, что предел прочности при сжатии образцов составляет 3,89 МПа, что на 64 % выше показателей согласно СТО [6] для материалов, используемых при строительстве автомобильных дорог (табл. 1).

**Таблица 1**

*Физико-механические свойства материалов из укрепленных грунтов*

<i>Показатели</i>	<i>Значения</i>		
	<i>СТО 60929601.001-2010</i>	<i>без стабилизатора и цемента</i>	<i>со стабилизатором и цементом</i>
<i>Плотность, кг/м<sup>3</sup></i>	-	1875	1970
<i>Объемная усадка, %</i>	-	2,22	1,93
<i>Предел прочности при сжатии сухих образцов, МПа</i>	1,5	2,6	3,30
<i>Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов, МПа</i>	0,6	0	0,65
<i>Водонасыщение по объему, %</i>	12	-	3,45
<i>Коэффициент водостойкости</i>	0,01	-	0,15
<i>Морозостойкость, число циклов</i>	30	-	30
<i>Коэффициент морозостойкости</i>	не менее 0,75	-	3,60

Таким образом, удалось разработать оптимальный состав смеси из укрепленных местных грунтов, позволяющий получить конструктивный слой дорожной одежды с высокими значениями физико-механических свойств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фурсов С.Г. Основные направления в области исследований укрепленных грунтов / С.Г. Фурсов // Научные исследования и разработки: сб. трудов / Союздорнии, 2006. – С. 22-23.
2. Безрук В.М. Основные принципы укрепления грунтов / В.М. Безрук. – М.: Транспорт, 1987. – С. 46-48
3. Попов С.Н., Степанов И.И., Черский И.Н. Оборудование для полусухого прессования мелкоштучных строительных материалов / С.Н. Попов, И.И. Степанов, И.Н. Черский // Неметаллические материалы и конструкции для условий Севера. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1996. – С. 81-87.
4. ГОСТ 30491-97. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими для дорожного и аэродромного строительства. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 13 с.
5. ГОСТ 26447-85. Определение прочности на сжатие грунтов. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 19 с.
6. СТО 60929601.003-2012. Грунты, укрепленные стабилизатором «АНТ», для автодорожного строительства / ЗАО «АНТ-Инжиниринг». – Введ. 18.04.2012. – 48 с.

---

### **LOCAL SOILS STRENGTHENING BY STABILIZER FOR ROAD CONSTRUCTION IN CONDITIONS OF THE NORTH**

Postgraduate Student **G.V. Egorov**  
(North-Eastern Federal University),  
Researcher **A.V. Andreeva**,  
Ph. D. (Tech), Leading Researcher **O.N. Burenina**  
(Oil and Gas Research Institute of RAS)  
Contact information: [egorovgrigoriadf@yandex.ru](mailto:egorovgrigoriadf@yandex.ru)

*The article deals with the research results of physical and mechanical properties of samples of soil strengthened by stabilizer for road construction. The optimal composition of the stabilized soil mixture is determined.*

**Key words:** stabilizer, strength, density, moisture, road pavement, frost-resistance, water absorption, portland cement.

---

Рецензент: канд. техн. наук А.П. Фомин (ФГУП «РОСДОРНИИ»).  
Статья поступила в редакцию 06.12.2012 г.