

УДК 625.7

Краюшкіна К.В., канд. техн. наук, **Химерик Т.Ю.**, канд. техн. наук, **Скрипченко О.В.**

ВПЛИВ СТАБІЛІЗАТОРІВ НА ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Анотація. У статті розглянуто питання оцінки фізико-механічних властивостей ґрунтів різних типів при введенні до їх складу стабілізатору нового покоління Envirotak. Введенням добавки можливо значно покращити фізико-механічні характеристики глинистих ґрунтів, збільшити довговічність і стійкість шарів дорожнього одягу з їх застосуванням. Укріплення стабілізаторами ґрунтів та інших місцевих матеріалів в дорожніх одягах автомобільних доріг є однією із найбільш реальних можливостей зниження вартості будівництва і витрат ресурсів.

Об'єкт дослідження – стабілізатор Envirotak.

Мета роботи – підвищення міцності, водо- і морозостійкості ґрунтів різних типів, укріплених стабілізатором Envirotak.

Методи досліджень – аналітико-експериментальні.

Ключові слова: ґрунт земляного полотна, морозостійкість, поверхнева міцність, стабілізація.

UDK 625.7

Krayushkina K. V., Ph.D., **Khymerik T. Y.**, Ph.D., **Skripchenko O. V.**

INFLUENCE OF STABILIZER FOR IMPROVING THE PROPERTIES OF SUBGRADE SOIL

Annotation. In the article addressed the issue of evaluating physical and mechanical properties different types of soils with the introduction of their new generation stabilizer composition Envirotak. Introduction of additives can greatly improve the physical and mechanical characteristics of clay soils, increase the longevity and durability of the pavement layers. Strengthening soil by stabilizers and other local materials in the pavement of roads is one of the real possibilities of reducing construction costs and overhead.

Keywords: frost resistance, soil subgrade, stabilization, surface durability.

УДК 625.7

Краюшкіна К.В., канд. техн. наук, **Химерик Т.Ю.**, канд. техн. наук, **Скрипченко О.В.**

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗАТОРОВ НА УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос оценки физико-механических свойств ґрунтов разных типов при введении в их состав стабилизатора нового поколения Envirotak. Введение добавки может значительно улучшить физико-механические характеристики глинистых ґрунтов, увеличить долговечность и стойкость слоев дорожной одежды с их применением. Укрепление стабилизаторами ґрунтов и других местных материалов в дорожных одеждах автомобильных дорог является одной из наиболее реальных возможностей снижения стоимости строительства и затрат ресурсов.

Объект исследования - стабилизатор Envirotak.

Цель работы - повышение прочности, водо- и морозостойкости ґрунтов различных типов, укреплённых стабилизатором Envirotak.

Методы исследований - аналитико-экспериментальные.

Ключевые слова: ґрунт земляного полотна, морозостойкость, поверхностная прочность, стабилизация.

Постановка проблеми

Запропоновано оцінювати дію стабілізатору по покращенню фізико-механічних властивостей укріпленого ґрунту та по показнику поверхневої міцності ґрунтового шару. Також в статті наведені особливості хімічної взаємодії Envirotak з активними частками ґрунтів різних типів.

Наведена методика визначення поверхневої міцності ґрунтового шару укріпленого Envirotak після 15 і 25 циклів заморожування відтаювання. На основі проведених досліджень зроблені висновки про ефективність стабілізатору Envirotak для підвищення міцності, водо- і морозостійкості ґрунтів різних типів.

Метою роботи є підвищення міцності, водо- і морозостійкості ґрунтів різних типів, укріплених стабілізатором Envirotak.

На території України найбільш розповсюдженими є глинисті ґрунти, при зволоженні яких відбувається погіршення їх фізико-механічних властивостей – підвищення водопоглинання, набрякання, пластичність і зниження показників міцності.

Багаторічні дослідження в різних країнах світу показали, що використання поверхнево-активних речовин (ПАР) підвищує водостійкість глинистих ґрунтів.

Введенням активних реагентів можливо значно покращити фізико-механічні характеристики глинистих ґрунтів, збільшити довговічність і стійкість шарів дорожнього одягу з їх застосуванням.

Стабілізатори – це широкий клас речовин, які в малих дозах позитивно впливають на формування властивостей дорожньо-будівельних матеріалів як за рахунок активізації фізико-хімічних процесів, так і за рахунок оптимізації технологічних процесів приготування укріплених сумішей. Вони можуть бути різними за складом і походженням, відрізнятись за властивостями, але всіх їх об'єднує те, що вони збільшують щільність, міцність, водо- і морозостійкість

Formulation of the problem

It is proposed to assess the effect of the stabilizer to improve the physical and mechanical properties of soil and reinforced in terms of surface strength of the soil layer. The article shows the features of chemical interaction with the active particles Envirotak soil types.

The above method of determining the strength of the surface layer of soil fortified Envirotak after 15 and 25 cycles of freeze thawing. Based on the research conclusions about the effectiveness of Envirotak stabilizer to improve the durability, water and frost resistance of soils of different types.

The aim is to increase the strength, water and frost resistance of soils of different types of fortified stabilizer Envirotak.

In Ukraine, are the most common clay soils. When humidification in these soils there is deterioration in the physical and mechanical properties. Is an increase in water uptake, swelling, reduction in ductility and strength properties.

Long-term studies in the various countries of the world have shown that the use of surfactants increases the water resistance of clay soils.

The introduction of reactive species greatly improves the physical and mechanical characteristics of clay soils. This increases the durability and stability of the pavement layers.

Stabilizers is a broad class of materials, which in small doses have a positive effect on the formation properties of road-building materials. This is due to the activation of physical and chemical processes, optimization of technological processes of fortified compounds preparation. They may be different in composition and origin, differ in their properties, but they all share the increase in density, strength, water resistance and frost resistance of soils,

грунтів, знижуючи їх пучинистість. В даній статті розглядається дія стабілізатору Envirotak на ґрунти різних типів, який не тільки покращує фізико-механічні властивості глинистих ґрунтів, але і поверхневу міцність укріпленого шару ґрунту, утворюючи ґрунтобетонну поверхню.

Глинисті ґрунти, укріплені Envirotak можуть бути використані при будівництві автомобільних доріг для улаштування нижніх шарів доріг вищих категорій і покриття доріг нижніх категорій, парковок, складських приміщень, економічних тимчасових і під'їзних доріг, полігонів для поховання відходів тощо.

Основна частина

Використання укріплених стабілізаторами ґрунтів та інших місцевих матеріалів в дорожніх одягах автомобільних доріг є однією із найбільш реальних можливостей зниження вартості будівництва і витрат ресурсів.

Окрім економічної ефективності конструктивні шари із укріплених ґрунтів забезпечують більш довготривале збереження рівності шару, сприяє покращенню водно-теплого режиму земляного полотна.

За рахунок розкладання води і активного іонного обміну зменшується товщина плівок води на поверхні ґрунтових агрегатів, руйнується електростатичний потенційний бар'єр в ґрунтовій системі. Органічні іони, що містяться в Envirotak просочуються в кристалічну решітку глинистих і піщанистих мінералів, витісняючи звідти іони H^+ і OH^+ , катіони металів, сприяючи утворенню більш міцного зв'язку між кристалами.

Органічні катіони, що мають здатність до іонного обміну, вступають в міцний іонний зв'язок з мінеральною поверхнею, витісняючи молекули води і нейтралізуючі заряди. В результаті цих процесів відбувається агрегація ґрунту, знижується оптимальна вологість, підвищується щільність, міцність і водостійкість.

reducing their distending.

This article discusses the effect of the stabilizer Envirotak on different types of soil. It improves the physical and mechanical properties of clay soils, surface strength reinforced soil, forms a soil-concrete surface.

Clay soils stabilized by Envirotak can be used in road construction for the device of the lower layers of roads of higher categories and covering the lower categories of roads, parking lots, warehouses, economic time and access roads, landfills and so forth.

Main part

The use of reinforced soil by stabilizers and other local materials in the pavement of roads is one of the real possibilities of reducing construction costs and overhead.

In addition to cost-effectiveness of structural layers of soil reinforcement provide more long-term preservation of equality layer contributes to the improvement of water and thermal regime of the subgrade.

Due to decomposition of water and the active ion exchange water decreases thickness on the surface of soil aggregates, broken electrostatic potential barrier in the soil system. Organic ions contained in Envirotak seep into the crystal lattice of clay minerals and sandy. They are being squeezed out of H^+ ions and OH^+ metal cations, facilitating the formation of a strong bond between the crystals.

The organic cations having the ability to ion exchange, enter into a strong ionic bond with the mineral surface, displacing water molecules and neutralizing charges. As a result of these processes occurs soil aggregation, reduced optimum humidity, increased density, strength and water resistance.

Переваги Envirotak над іншими стабілізаторами заключається в тому, що:

- відбувається прискорення процесу перетворення ґрунту в каміння (бетон) за допомогою каталітичних реакцій і активізація практично будь-якого типу ґрунту, за рахунок хімічної взаємодії стабілізатору з активними частками суміші;
- можливість використання пилюватих ґрунтів для створення стабільних шарів;
- зменшення водо насичення обробленого ґрунту практично до повної водонепроникності (повна відсутність капілярного підйому води), що призведе до збільшення допустимого навантаження на дорогу;
- використання однокомпонентного стабілізатору сприяє удосконаленню технології отримання ґрунтової суміші необхідних технічних характеристик;

Експериментальна частина

За період з 2015 по 2016 роки у відділі конструкцій дорожніх одягів ДП «ДерждорНДІ» імені М.П.Шульгіна були проведені випробування ґрунтів різних типів, найбільш поширені на території України. Зразки ґрунтів для випробувань були відібрані з ділянок автомобільних доріг, що знаходяться в різних дорожньо-кліматичних зонах України. Глибина виробок для відбору складала від 1 до 2 м (рисунок 1). Відбір, упаковка, транспортування і зберігання зразків, ґрунту проводилось відповідно ДСТУ Б В.2.1-802001 (ГОСТ 12071-2000).

Зразки циліндричної форми для визначення фізико-механічних властивостей ґрунтових сумішей виготовлялись ущільненням у формах розміром 50 мм за ДСТУ Б В.2.7-89-99.



Рисунок 1 – Відбір проб ґрунту

Envirotek advantages over other stabilizers lies in the fact that:

- soil is accelerated conversion process in the stones (concrete) by means of catalytic reactions and activation of almost any type of soil, due to chemical interaction with the active particles stabilizer mixture;
- the possibility of using silty soil layers to create a stable;
- reduction of water saturation of the treated soil is almost completely waterproof (complete absence of capillary water rise), which will increase the carrying capacity of the road;
- the use of one-component stabilizer contributes to the improvement of the technology of soil mix required technical characteristics;

Experimental

During the period from 2015 to 2016 in the department of road structures SE "DerzhdorNDI" name M.P.Shulgina were tested soils of various types, are the most common in Ukraine. Samples for testing of soils were selected from sections of road that are in various road and climatic zones of Ukraine. Depth of excavation for the selection ranged from 1 to 2 m (Figure 1). Sampling, packing, transportation and storage of samples of the soil carried out in accordance with GOST V.2.1-802001 (GOST 12071-2000).

Cylindrical samples to determine the physical and mechanical properties of soil sealing compounds were produced in the forms of 50 mm per GOST B V.2.7-89-99.



Figure 1 – Soil Sampling

Кількість додавання Envirotak складала від 1 до 2 %.

Зразки з укріплених ґрунтових сумішей зберігались при температурі (20 ± 5) у ванні з гідравлічним затвором.

Визначення фізико-механічних властивостей зразків із сумішей, укріплених Envirotak відбувалося після 28 діб набору міцності.

Для укріплення ґрунту використовується розчин стабілізатора Envirotak з водою. Вид ґрунту, що випробується наведений в таблиці 1.

Визначення показників фізико-механічних властивостей ґрунтових сумішей виконували відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-89-99 та БН В.2.3-218-002-95. Випробування проводили на обладнанні сертифікованого випробувального центру ДерждорНДІ.

Таблиця 1 – Вид ґрунту

Вид ґрунту	Склад у %	Концентрація стабілізатора Envirotak у водному розчині, %
Суглинок легкий пілуватий	100	15,3
Суглинок важкий пілуватий	100	1,8
Супісок піщанистий	10	19,5
Супісок пілуватий	100	20,5

Результати досліджень наведені в таблиці 2. Аналіз даних, наведених у таблиці 2, показують, що додавання Envirotak позитивно впливає на показники міцності всіх типів ґрунтів, проте його ефективність введення вище, чим більше кількість колоїдної глинистої фракції ґрунту. Межа міцності при стисненні в порівнянні з вихідною ґрунтом збільшується в 5-6 разів, міцність на стиск забезпечується в насиченому водою стані ґрунту і морозу.

Number Envirotek was adding 1 to 2%.

Samples of soil fortified mixtures stored at temperature 20o in a bath of water-sealed. Determining the physical and mechanical properties of samples with mixtures of fortified Envirotak occurred 28 days after dialing strength.

To strengthen the soil stabilizer solution used Envirotak water. Type of soil being tested is given in Table 1.

Determination of physico-mechanical properties of soil mixtures were performed in accordance with the requirements of ДСТУ Б В.2.7-89-99 and BСН В.2.3-218-002-95. Tests were carried out on the equipment certified test center DerzhdorNDI

Table 1 – Type of soil

Type of soil	Compositio n %	Envirotec stabilizer concentration in the aqueous solu tion, %
Silty loam easy	100	5,3
Si ty loam heavy	100	17,8
Sandy sandy loam	100	19,5
Loamy light sand	100	20,5

The research results are presented in Table 2. Analyzing the data in Table 2 show that the addition Envirotak positively influences the strength values of all types of soil, however its introduction efficiency is higher, the greater the amount of colloidal clay fraction of soil. Compressive strength compared to the original soil is increased by 5-6 times, the compressive strength is provided in water-saturated soil condition and frost.

Таблиця 2 – Показники фізико-механічних властивостей ґрунтових сумішей, оброблених стабілізатором Envirotak

Тип ґрунту	Оптимальна вологість, %	Щільність, г/см ²	Фізико-механічні показники			
			Міцність на стиск у сухому стані, Rst, МПа	Міцність на стиск у водо-насиченому стані, Rst, МПа	Волонасичення W, % за об'ємом	Коефіцієнт морозостійкості
			Вих.	Вих.	В х.	Вих.
	Стаб.	Стаб.	Стаб.	Стаб.	Стаб.	Стаб.
Суглинок легкий піщуватий	15,9 11,1	15,9 15,9	0,70 3,90	- 2,8	8,3 4,2	- 0,68
Суглинок важкий піщуватий	16,2 11,3	1,92 4,85	0,75 4,05	- 2,95	8,5 4,4	- 0,68
Супісок піщанистий	13,3 10,	2,02 3,82	0,60 3,5	- 1,93	10,2 5,8	- 0,71
Супісок піщуватий	14,4 11,2	2,08 1,96	0,60 3,2	- 1,85	10,5 5,8	- 0,72

Для того, щоб підтвердити позитивний вплив Envirotak стабілізатор на фізико-механічних властивостей ґрунту, було проведено визначення міцності поверхневого шару ґрунту з неруйнівним методом використання ONYX пристрої - 2,5.

Зовнішній вигляд приладу ОНІКС-2,5 наведений на рисунку 2.



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд приладу ОНІКС-2,5

Table 2 – Indicators of physical and mechanical properties of soil mixtures treated stabilizer Envirotak

Type of soil	Optimal moisture, %	Density, г/см ²	Physical and mechanical properties			
			Compressive strength in dry state, Rst, МПа	Compressive strength in water-saturated state, Rst, МПа	The water saturation, % by volume	coefficient of frost resistance
			starting stabilized	starting stabilized	starting stabilized	starting stabilized
Silty loam easy	15,9 11,1	15,9 15,9	0,70 3,90	- 2,84	8,3 4,2	- 0,68
Silty loam heavy	16,2 11,3	1,92 4,85	0,75 4,05	- 2,95	8,5 4,4	- 0,68
Sandy sandy loam	13,3 10,5	2,02 3,82	0,60 3,5	- 1,93	10,2 5,8	- 0,71
Loamy light sand	14,4 11,2	2,08 3,96	0,60 3,2	- 1,85	10,5 5,8	- 0,72

To confirm a positive impact Envirotak stabilizer on the physico-mechanical properties of the soil, was conducted determining the strength of the soil surface layer with a non-destructive method of using the device ONYX - 2.5.

The exterior of the device ONYX-2.5 is shown in Figure 2.



Figure 2 – The exterior of of the device ONYX-2.5

Дослідження проводились з укріпленими ґрунтовими зразками в сухому стані і після 20 циклів заморожування – відтаювання. За поверхневу міцність приймалися отримані значення після випробувань.

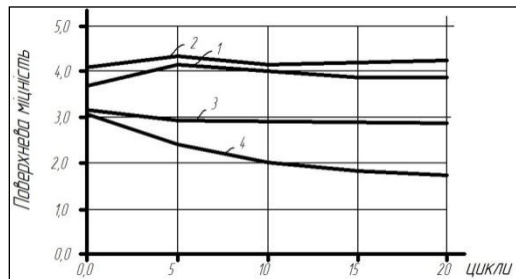


Рисунок 3 – Поверхнева міцність ґрунтового шару з введенням стабілізатору Envirotak: 1 – суглинок легкий пілуватий; 2 – суглинок важкий пілуватий; 3 – пісок піщанистий; 4 – супісок пілуватий

За даними досліджень видно, що для суглинистих ґрунтів після 5 циклів заморожування – відтаювання йде збільшення міцності, потім незначне зниження (10 циклів) на 15-20 % і продовжується до випробувань при 15 циклах. Тільки потім настає стабілізація міцності.

Але і суглинисті ґрунти і супіщані випробування витримали. Тобто, поверхнева міцність стабілізованого ґрунтового шару Envirotak забезпечена.

Висновки

Проведені лабораторні дослідження впливу добавки Envirotak показали, що укріплені ґрунти різних типів, відповідають вимогам, які пред'являються до укріплених ґрунтів згідно нормативних документів.

Зміна показників міцності ґрунтів з додаванням Envirotak, у бік збільшення порівняно з контрольними зразками у 4-5 разів в залежності від кількості добавки і виду ґрунту свідчить про можливість активного регулювання його властивостей у виробничих умовах.

Введення добавки Envirotak в різні види ґрунтів дозволить отримати жорсткий конструктивний шар дорожнього одягу – основи чи робочого шару земляного полотна, що в подальшому забезпечить

Research conducted with fortified soil samples dry and after 20 cycles of freezing - thawing. For surface strength values obtained were accepted after testing.

The research results are shown in Figure 3.

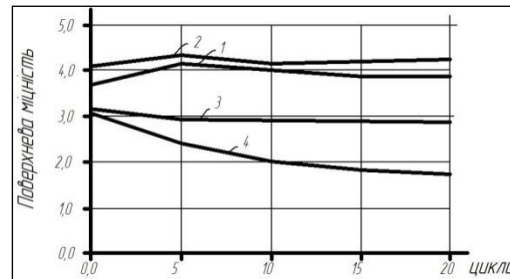


Figure 3 – The surface layer of soil strength with the introduction of a stabilizer Envirotak: 1 - silty loam easy; 2 - heavy loam silty; 3 - sand sandy; 4 - silty loam

According to studies it is clear that for loamy soil after 5 cycles of freezing - thawing is an increase in strength, then a slight decrease (10 cycles) of 15-20% and continues to test at 15 cycles. Only then comes the stabilization strength.

But loamy soil and sandy loam withstood the test. That is, the surface strength of the stabilized soil layer Envirotak provided.

Conclusions

The laboratory studies the influence of additives Envirotak shown that strengthening of soil of various types, meet the requirements for soil stabilization according to regulations.

Changes in soil strength with the addition Envirotak, upward in comparison with control samples 4-5 times depending on the amount and type of additive soil indicates the possibility of adjusting its active properties in a production environment.

Introduction Envirotak additive in various types of soil will provide a hard structural layer of pavement - a base or working layer of subgrade in the future will provide operational resilience and durability of the road structure as a whole.

експлуатаційну стійкість і довговічність дорожньої конструкції в цілому.

Література

1. Добров Э.М., Емельянов С.Н., Федулов А.А. Природа формирования свойств глинистых грунтов с помощью стабилизаторов // Автомоб. дороги: Науч. техн. информ. сб. / ГП «Информавтодор». - М., 2002. - Вып. 2.
2. Кочеткова Р.Г. Улучшение свойств глинистых грунтов стабилизаторами // Автомоб. дороги. - 2006. - № 3.
3. Hassan Hossam F., Taha Ramsi, Al Rawas Arner, Al Shandaudi Badr Potential uses of Petroleum-contaminated Soil in highway construction. Constr. And Build Mater. 2005. 19, №8, p. 646-652.
4. Ярмолинская Н.И., Чубцов В.Ф. Влияние полимерных добавок на свойства укрепленных грунтов.– Автомобильные дороги и безопасность движения, 2006, №6.– С. 182–187.
5. Латукова М.Н. и др. Особенности твердения фосфатных грунтоматериалов. Сб. Новые исследования в материаловедении и экологии.–СПб: Изд-во ПГУПС, 2003.– С.44–46.
6. Рубцов А.И. Вероятностная оценка структурного состояния инъекционного состава на основе карбамидной смолы при химическом закреплении грунтов.– Тр. ЦНИИС, 2000, №207.– С. 98–106.
7. Строкова В.В., Щеглов А.Ф., Яковлев Е.А. Грунтоизвестковые смеси для строительства устойчивых конструкций высоких насыпей,– Вестник БТТУ, №9, 2005.–С.421–423.

Рецензенти:

Каськів В.І., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Балашова Ю.Б., канд. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.

Reviewers:

Kaskiv V.I., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Balashova Yu.B., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Literature

1. Добров Э.М., Емельянов С.Н., Федулов А.А. Природа формирования свойств глинистых грунтов с помощью стабилизаторов // Автомоб. дороги: Науч. техн. информ. сб. / ГП «Информавтодор». - М., 2002. - Вып. 2.
2. Кочеткова Р.Г. Улучшение свойств глинистых грунтов стабилизаторами // Автомоб. дороги. - 2006. - № 3.
3. Hassan Hossam F., Taha Ramsi, Al Rawas Arner, Al Shandaudi Badr Potential uses of Petroleum-contaminated Soil in highway construction. Constr. And Build Mater. 2005. 19, №8, p. 646-652.
4. Ярмолинская Н.И., Чубцов В.Ф. Влияние полимерных добавок на свойства укрепленных грунтов.– Автомобильные дороги и безопасность движения, 2006, №6.– С. 182–187.
5. Латукова М.Н. и др. Особенности твердения фосфатных грунтоматериалов. Сб. Новые исследования в материаловедении и экологии.– СПб: Изд-во ПГУПС, 2003.– С.44–46.
6. Рубцов А.И. Вероятностная оценка структурного состояния инъекционного состава на основе карбамидной смолы при химическом закреплении грунтов.– Тр. ЦНИИС, 2000, №207.– С. 98–106.
7. Строкова В.В., Щеглов А.Ф., Яковлев Е.А. Грунтоизвестковые смеси для строительства устойчивых конструкций высоких насыпей,– Вестник БТТУ, №9, 2005.–С.421–423.

Стаття надійшла до редакції: **28.10.2016 р.**