

УДК 624.131

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.155.2015.91927>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТІВ ВІД ВИДУ ЕЛЕКТРОЛІТУ

Канд. техн. наук Л.В. Трикоз, інж. В.Ю. Савчук

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ ОТ ВИДА ЭЛЕКТРОЛИТА

Канд. техн. наук Л.В. Трикоз, инж. В.Ю. Савчук

STUDYING OF SOIL COMPACTION AS A FUNCTION OF ELECTROLYTE TYPE

PhD L.V. Trykoz, eng. V.U. Savchuc

У статті розглянуто можливість застосування електролітів різного виду для ущільнення ґрунту в основах будівель і споруд. Вплив електроліту проявляється у чергуванні ступеня ущільнення в залежності від його концентрації. Це відповідає відомому чергуванню зон коагуляції та агрегативної стійкості дисперсних систем. Найбільшу ущільнюючу здатність виявили кислотні електроліти, лужні виявилися менш ефективними при невеликих концентраціях.

Ключові слова: ґрунт, ущільнення, електроліт

В статье рассмотрена возможность использования электролитов разного вида для уплотнения грунта в основаниях зданий и сооружений. Влияние электролита проявляется в

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

чередовании степени уплотнения в зависимости от его концентрации. Это соответствует известному чередованию зон коагуляции и агрегативной устойчивости дисперсных систем. Наибольшую уплотняющую способность проявили кислотные электролиты, щелочные оказались менее эффективными при небольших концентрациях.

Ключевые слова: грунт, уплотнение, электролит.

The article describes the possibility of using different types of electrolytes for soil compaction in the grounds of buildings and structures. Electrolyte influences through alternation of the compaction degree in depending on its concentration. This effect corresponds to the all-known alternation of coagulation zones and aggregate stability of disperse systems. Composite materials have the biggest compaction (2.70 g/cm^3) which contain sulfuric acid as a percentage of 10 % and contain hydrochloric acid as a percentage of 55 %. The lowest concentration is 10 % at which the coagulation neutralization occurs. Such a concentration of electrolytes can be used during compaction of soils under production conditions. Acid electrolytes showed the largest compaction ability, alkaline electrolytes proved less effective at low concentrations. The highest density value was obtained during using sodium hydroxide with 45% of its content. The use of calcium hydroxide resulted to a significant decrease of density and loosening of samples. The data will be the basis of technical regulations for soil compaction.

Keywords: soil, compaction, electrolyte.

Вступ.

Проектування і будівництво споруд із забезпеченням їх міцності й нормальної експлуатації – одна з складних проблем сучасного будівництва. Найважливіша операція при будівництві будь-якої споруди – ущільнення. Від якості виконання цієї операції залежить не тільки міцність, стійкість споруди, але й термін її експлуатації. Недоущільнення призводить до численних пошкоджень майбутнього об'єкту будівництва, а отже, до непродуктивних витрат людських, матеріальних і енергетичних ресурсів.

Однією з головних чинників під час укладання та ущільнення покриття є ущільнювач ґрунту. Його використовують при ущільненні базового шару з привізного або місцевого ґрунту, який попередньо стабілізують та гомогенізують органічними й мінеральними в'язучими. Завдяки цим заходам несуча здатність базового шару істотно збільшується, що веде до зменшення обсягів робіт для його улаштування. Все більш широкого застосування в сучасному будівництві набуває ущільнення ґрунту шляхом введення електроліту.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими

науковими та практичними завданнями.

Щільність – це фізична властивість ґрунту, що визначається багатьма чинниками [1]. Враховуючи, що ґрунт є складною дисперсною системою, що складається з мінеральних твердих частинок і порового простору, заповненого водою (поровою рідиною) і повітрям, поняття щільності як фізичної величини також є складним і набуває визначеність тільки в тому випадку, якщо вказується точно, про щільність яких фаз ґрунту йде мова. Способи штучного закріплення і ущільнення ґрунтів підрозділяються на способи які підвищують міцність і водонепроникність ґрунтів (цементация, силікатизация, смолизация, заморажування, випал) і способи, що підвищують тільки водонепроникність (бітумізація гаряча й холодна). Область застосування кожного способу визначається видом гірської породи та її властивостями [2]. Метод електрохімічного закріплення все частіше застосовується для ущільнення ґрунту. При цьому через аноди в ґрунт подають водні розчини електроліту, які призводять до коагуляції глинистих частинок і утворення глинистих агрегатів, сцементованих між собою [3]. Результати дослідження механізму електролітної

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

коагуляції застосовуються для глинистих ґрунтів з високою вологістю й малими зовнішніми навантаженнями; вони також необхідні для вирішення питання про застосування того чи іншого електроліту та його концентрації, а також при дослідженні механізму ущільнення ґрунту [4].

При розгляді економічних аспектів застосування композиційних матеріалів на основі ґрунтів і в'язучих слід мати на увазі й вирішення питань охорони навколишнього середовища. Відходи та побічні продукти займають великі території землі, виключаючи їх з корисного використання, викликають забруднення повітря, водою, шкідливо впливають на рослинний і тваринний світ. З цієї точки зору утилізація активного мулу станцій біологічного очищення великих міст при закріпленні ґрунтів є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У даний час існує багато різних нормативних документів, інструкцій, монографій, які узагальнюють теоретичні основи та описують практичні методи зміцнення ґрунтів. Проте сутність укріпленого ґрунту як будівельного матеріалу, що розглянута з позицій узагальнення й розвитку уявлень про фізико-хімічні процеси формування структур композиційних матеріалів, залишається як і раніше нерозкритою. У теперішній час є підґрунтя припустити, що змінення структури вологого ґрунту при електрохімічній обробці починається від багаточисленних центрів коагуляції, розташованих в різних місцях об'єму ґрунту; з часом агрегація розповсюджується від центрів по ґрунту в різних напрямках; частинки з'єднуються між собою, поступово утворюючи густу сітку із частинок і агрегатів [5]. Поступово така просторова сітка стає більш густою, зміцнюється внаслідок змінення сил в контактах між частинками та агрегатами, робиться більш щільною і міцною; цементуючі речовини, які утворились в ґрунті, посилюють нову структуру. Так виникає поступове

перетворення природно коагуляційно-тиксотропної будови ґрунту в більш міцну коагуляційно-кристалізаційну будову [6]. Згідно з теорією ДЛФО [7] великий вплив на процеси коагуляції мають електроліти, які залежно від концентрації викликають як коагуляцію, так і декоагуляцію системи. При взаємній коагуляції частинок щільність ґрунту буде максимальною, декоагуляція призведе до розпушування й зменшення щільності. При обробці ґрунтів сірчаною кислотою із алюмо- і феросилікатів глини утворюються сірчаноокислі солі алюмінію і заліза. Глини є сорбентами цих солей, розщеплюють їх з утворенням гідратів заліза і алюмінію, які в основному і є цементуючим матеріалом [8].

Найбільш суттєвою перешкодою, за [9], при використанні розчинів солей заліза і алюмінію для ін'єкційного закріплення карбонатних порід є рясне виділення CO_2 , яке перешкоджає нормальному ходу ін'єкції й порушує цілісність закріпленого масиву порід. Особливості газовиділення при взаємодії хлорного заліза з карбонатними породами (безперервне наростання кількості газу, що виділяється, із збільшенням концентрації розчину солі та великі абсолютні значення обсягу CO_2 при концентрації розчину вище 2,5 %) зумовлюють відмову від використання цієї солі для ін'єкційного закріплення.

Взаємодія соляної кислоти з глинами і глинистими компонентами порід протікає з розчиненням оксидів лужних і лужноземельних металів з утворенням гелеподібних продуктів, яке посилюється із зростанням вмісту HCl в робочому розчині.

Проаналізувавши попередні дослідження із залежності ущільнення ґрунту від різного виду електроліту, можна зробити висновки, що існуючі сучасні методи є недостатньо ефективними за рахунок складності визначення концентрації електроліту, розчиняючої речовини та складності протікання процесів у ґрунті. Полікомплексні композиції є високоефективним в'язучим завдяки

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

поліфункціональності поліелектролітів, а також внаслідок високого ступеня іонізації аміногруп і розгалуженості ланцюгів макромолекул катіоактивних компонентів композиції. Цим пояснюється менша витрата такого в'язучого в порівнянні з іншими відомими хімічними речовинами, які застосовуються для зміцнення ґрунтів [10]. Як поліелектроліт можна використовувати органічну складову активного мулу, який можна застосовувати для ущільнення ґрунтів з використанням неорганічних електролітів.

Метою досліджень було визначення залежності ущільнення ґрунтів з добавкою активного мулу від виду електроліту.

Основний матеріал експериментальних досліджень. Для досягнення мети було досліджено залежність ущільнення ґрунтів від добавки різного виду електроліту: гідроксиду натрію NaOH,

гідроксиду кальцію Ca(OH)_2 , соляної кислоти HCl, сірчаної кислоти H_2SO_4 , вміст яких змінювався від 0 до 50 % від маси зразка. Із суміші глини, води й активного мулу були виготовлені зразки розмірами $4 \times 4 \times 4$ см, для яких, після витримання в нормальних умовах протягом 7 днів, визначено їх щільність.

У результаті випробувань встановлено, що найбільший показник ущільнення ($2,70 \text{ г/см}^3$) має композиційний матеріал із вмістом сірчаної кислоти у відсотковому відношенні 10 %, а також із вмістом соляної кислоти у відсотковому відношенні 55 % (рис.). При використанні гідроксиду натрію найбільше значення щільності було отримано при його вмісті 45 %, а використання гідроксиду кальцію призвело до суттєвого зменшення щільності та розпушування зразків.

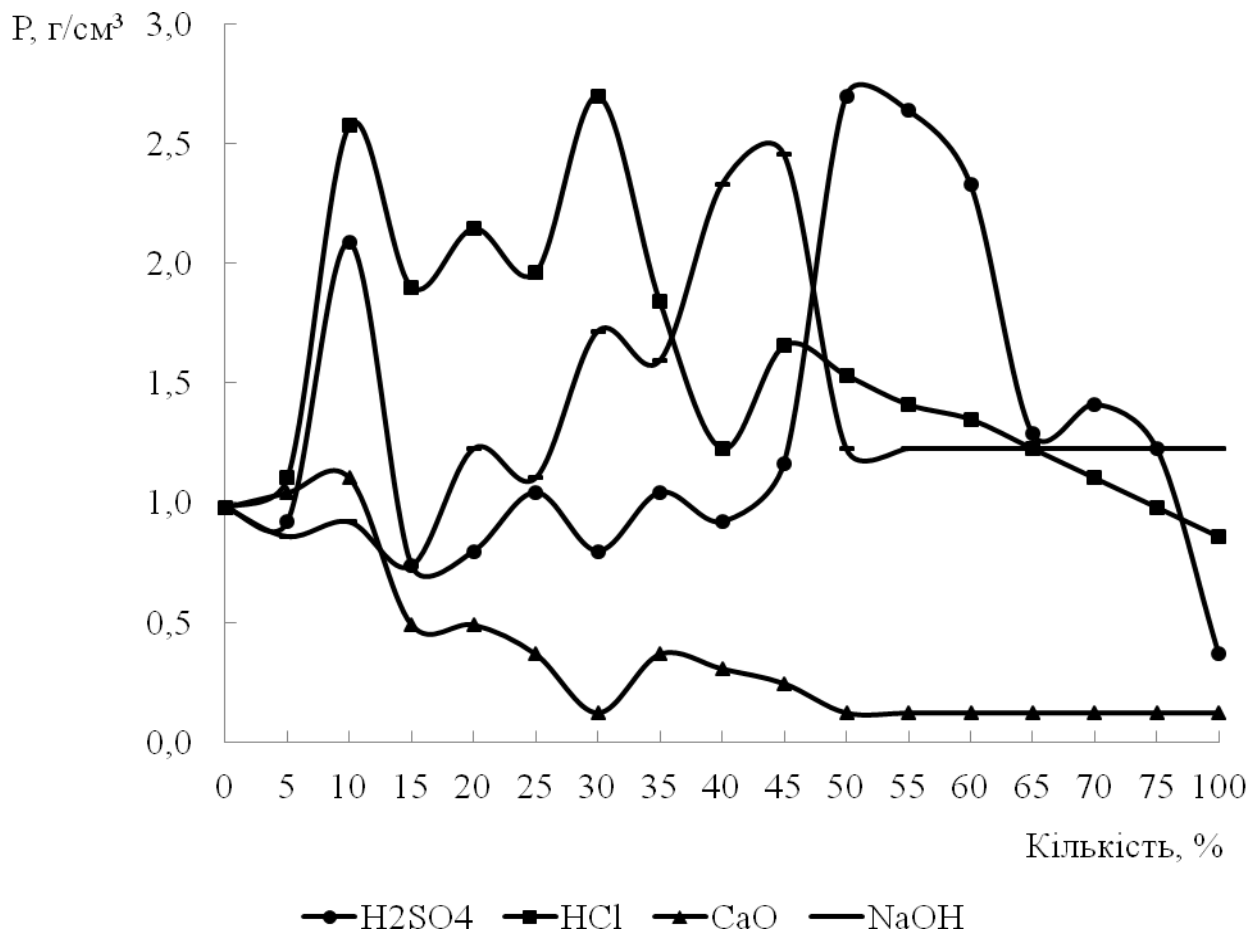


Рис. Залежність щільності зразків від кількості та виду електроліту

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

Такі нелінійні залежності можна пояснити чергуванням зон коагуляції та агрегативної стійкості системи при зміні концентрації електроліту згідно з [7]. При невеликій концентрації електроліту (10 %) відбувається нейтралізаційна коагуляція, яка зумовлена адсорбцією протионів подвійного електричного шару частинок ґрунту в кількості, при якій відбувається нейтралізація поверхневого заряду частинки. У цих умовах зникають сили відштовхування між однойменно зарядженими частинками, й вони можуть наблизитися до відстані, на якій відбудеться їх злипання, що підвищить щільність системи в цілому. При значній концентрації електроліту (40-50 %) відбувається концентраційна коагуляція, яка зумовлена стисканням дифузного шару протионів подвійного електричного шару частинок ґрунту. У результаті знижується електрокінетичний потенціал, що дозволяє підійти частинкам на близьку відстань, а за рахунок міжмолекулярної взаємодії

відбудеться злипання часток і коагуляція. При цьому ступінь ущільнення знову збільшується.

Висновки з даних досліджень та перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень визначено залежність ущільнення ґрунту від виду електроліту та його оптимальну кількість. Вказана залежність має нелінійний характер, що свідчить про чергування зон коагуляції та агрегативної стійкості дисперсних систем на основі ґрунту та активного мулу. Найменше значення концентрації, при якій відбувається нейтралізаційна коагуляція, становить 10 %. Отже при ущільненні ґрунтів у виробничих умовах можна застосовувати електроліти саме такої концентрації. Найбільшу ущільнюючу здатність виявили кислотні електроліти, лужні виявилися менш ефективними при невеликих концентраціях. Отримані дані буде покладено в основу розроблюваних технологічних регламентів із ущільнення ґрунту.

Список використаних джерел

1. Караулова, А.М. Механика ґрунтов [Текст] / А.М. Караулова. – М.: Стройиздат, 2007. – 286 с.
2. Волоцкой, Д.В. Основы глубинного закрепления ґрунтов земляного полотна автомобильных дорог [Текст] / Д.В. Волоцкой. – М.: Транспорт, 1978. – 119 с.
3. Ржаницын, Б.А. Пособие по химическому закреплению ґрунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве [Текст] / Б.А. Ржаницын, Л.И. Курденков. – М.: Стройиздат, 1986. – 96 с.
4. Жинкин, Г. Н. Электрохимическое закрепление ґрунтов в строительстве [Текст]: научное издание / Г. Н. Жинкин. – М., Л.: Стройиздат, 1966. – 195 с.
5. Ребиндер, П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур [Текст] / П.А. Ребиндер. – М.: Наука. 1966. – 204 с.
6. Ребиндер П.А. Проблемы образования дисперсных систем и структур в этих системах: физико-химическая механика дисперсных структур и твердых тел [Текст] / П.А. Ребиндер. – В. кн.: Современные проблемы физической химии. – Т.3. – М.: Изд-во МГУ, 1968. – 302 с.
7. Зимон, А.Д. Колоидная химия [Текст] / А.Л. Зимон, Н.Ф. Лещенко –М.: "Агар", 2001. – 318 с.
8. Будников, Е.П. Применение белковых стабилизаторов в строительстве из ґрунтов [Текст] / Е.П. Будников, А.А. Пеганов, В.В. Чернов // Сообщения института строительной техники Академии архитектуры СССР. – Вып.14. – М., 1944. – 24 с.

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

9. Воронкевич, С.Д. Особенности тампонажного закрепления грунтов солями железа и алюминия [Текст] / С.Д. Воронкевич, Л. А. Евдокимова // Закрепление и уплотнение грунтов в строительстве: тез. докл. на VII Всесоюзн. научно-техн. совещ. – М.: Стройиздат, 1971. – С. 177-179.

10. Ткачев, В. А. Поликомплексная композиция для укрепления грунтов [Текст] / В. А. Ткачев, С. В. Аксенов / Закрепление и уплотнение грунтов в строительстве: тез. докл. на IX Всесоюзн. научно-техн. совещ. – М.: Стройиздат, 1978. – С. 218-221.

Рецензент д-р техн. наук, професор Плугін А.А.

Трикоз Людмила Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-68. E-mail: lvtrikoz@ukr.net

Савчук Валентина Юріївна, здобувач кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-63. E-mail: lov-75@mail.ru

Trykoz Liudmyla, cand. of techn. sciences, associate professor Department Building Materials, Constructions and Structures Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (057)730-10-68. E-mail: lvtrikoz@ukr.net

Savchuc Valentyna, aspirant Department Building Materials, Constructions and Structures Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (057)730-10-63. E-mail: lov-75@mail.ru

Стаття прийнята 25.05.2015 р