ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

# ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

## 78-Ї НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ПРОФЕСОРІВ, ВИКЛАДАЧІВ, НАУКОВИХ ПРАЦІВНИКІВ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ УНІВЕРСИТЕТУ

# І ТОМ




15 – 22 травня 2026 року
Полтава

**УДК 552.578.3**

*Козюпа В.О., Шкуренко Є.В. студентки гр. 202-БМ*
*О.В. Михайловська, к.т.н., с.н.с,*
*Національний університет Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗОЛИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТОЦЕМЕНТУ

Використання ґрунтоцементу є важливим напрямом у сучасному будівництві, зокрема при укріпленні основ та влаштуванні дорожніх конструкцій. Завдяки поєднанню ґрунту з цементом утворюється матеріал із підвищеними фізико-механічними характеристиками, що дозволяє ефективно використовувати місцеві ресурси та знижувати вартість будівництва.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення міцності, довговічності та водостійкості ґрунтоцементу, оскільки його властивості значною мірою залежать від складу суміші та умов твердіння. Використання різних домішок дозволяє цілеспрямовано змінювати структуру матеріалу та покращувати його експлуатаційні характеристики.

Аналіз наукових досліджень показує, що введення мінеральних добавок у склад ґрунтоцементу може суттєво впливати на процеси гідратації цементу, формування структури та кінцеву міцність матеріалу. Особливий інтерес становлять техногенні матеріали, які, окрім покращення властивостей, дозволяють вирішувати питання утилізації відходів.

Використання домішок у ґрунтоцементі є поширеним методом покращення його фізико-механічних властивостей. Для стабілізації ґрунтів застосовують як традиційні матеріали (цемент, вапно), так і мінеральні та техногенні добавки, зокрема золу-винесення, шлаки та природні пуцолани. Встановлено, що введення таких домішок дозволяє підвищити міцність, зменшити проникність і покращити стабільність матеріалу. [1].

Дослідження показують, що особливо ефективним є використання комбінованих систем добавок, наприклад сумішей цементу, вапна та золи, які забезпечують кращі результати порівняно з використанням одного компонента. [2].

Водночас застосування промислових відходів як домішок дозволяє не лише покращити властивості ґрунтоцементу, а й знизити вартість будівництва та вирішити екологічні проблеми утилізації відходів. [1, 4].

У сучасних дослідженнях особливу увагу приділяють використанню відходів очисних споруд як домішок до ґрунтоцементу, оскільки такі

матеріали мають значний потенціал для вторинного використання та характеризуються наявністю активних мінеральних компонентів. [4].

Зола осадів стічних вод (sewage sludge ash) є продуктом термічної обробки відходів очисних станцій і містить значну кількість оксидів кремнію, алюмінію та кальцію, що зумовлює її пуцоланову активність. Такі матеріали можуть вступати у реакції з продуктами гідратації цементу, формуючи додаткові цементуючі сполуки та підвищуючи міцність і щільність структури ґрунтоцементу. В умовах сучасної екологічної ситуації спалювання осадів розглядається як найбільш ефективний метод мінімізації їхнього об'єму, що дозволяє скоротити масу відходів на 70–90 % та забезпечити повну деструкцію органічних решток і патогенної мікрофлори. Хімічний та мінералогічний склад осадів є гетерогенним і залежить від походження стічних вод, використаних коагулянтів та технологічних параметрів. Основними компонентами зольного залишку є оксиди кремнію ($SiO_2$), алюмінію ($Al_2O_3$), заліза ($Fe_2O_3$) та кальцію (CaO), що за своїми фізико-хімічними властивостями наближає цей матеріал до традиційної пуцоланової сировини.

Подібні матеріали розглядаються як перспективні вторинні ресурси у будівництві. [5].

За даними зарубіжних досліджень, використання золи як добавки сприяє зменшенню пористості, підвищенню міцності та покращенню довговічності матеріалів, хоча ефект значною мірою залежить від складу золи та її кількості у суміші. [3].

Експериментальні дослідження були спрямовані на визначення впливу золи відходів очисних споруд (м. Кропивницький) на міцність ґрунтоцементу. Було виготовлено серію ґрунтоцементних сумішей із вмістом добавки 2%, 5% та 10% від маси ґрунту (рис.1).



Рис. 1 – Загальний вигляд зразка виготовленого із ґрунтоцементу із додаванням 10% золи відходів очисних споруд

Технологічний процес виготовлення лабораторних зразків було адаптовано до реальних умов виробництва. Рецептура передбачала масову

частку цементу на рівні 20% від ваги сухого ґрунту, при цьому водоцементне відношення (В/Ц) становило 2,0. До модифікованої суміші додавали лесовий суглинок із природною вологістю 14%. Суміш ретельно перемішували до отримання однорідної маси, після чого формували у зразки встановленої форми. Після формування зразки витримували у воді протягом 7 діб. Після завершення процесу твердіння зразки витримували ще одну добу в повітряно-сухих умовах.

Механічні випробування проводили методом одноосьового стиску згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009 із визначенням граничної міцності. Експеримент проводили з 6-10 зразками. Отримані результати дозволили оцінити вплив кількості золи на міцність та структуру ґрунтоцементу. За випробуваннями на 7 добу зразків із вмістом золи 2%, 5%, 10% міцність зразків становила 0,55 МПа, 0,54 МПа, 0,44 МПа відповідно.

Збільшення вмісту золи спочатку знижує міцність, але створює потенціал для більшого приросту в майбутньому. Осади стічних вод містять речовини, яких майже немає в вугільній золі: Вміст оксиду фосфору може досягати 10–20%. Це «маркер» золи осадів стічних вод. За результатами дослідів встановлено, що високий вміст фосфору сповільнює терміни тужавіння цементу.

**Висновок.** У результаті дослідження встановлено, що додавання золи відходів очисних споруд впливає на міцність ґрунтоцементу. Зола складається із дрібних частинок. Вона може забирати на себе частину води, необхідної для гідратації цементу. Якщо суміш була дещо сухою, це гальмує набір міцності на першому тижні.

Отже, використання золи як домішки є перспективним, однак потребує підбору оптимального дозування.

*Література:*

*1. Magara, D. and She, H. A Systematic Review of the Effects of Soil Stabilization on Soil Mechanical Properties: A Comparative Study of Fly Ash, Cement and Lime. Open Access Library Journal, 2024, 11, 1-19. doi: 10.4236/oalib.1111319.*

*2. Per Lindh, Polina Lemenkova. Laboratory Experiments on Soil Stabilization to Enhance Strength Parameters for RoadPavement. TransportandTelecommunicationJournal, 2023, 24(1), pp.73-82. ⟨10.2478/ttj-2023-0008⟩. ⟨hal-04014580⟩*

*3. Surendra Roy Use of Additives in Soil Stabilization. Journal of Geotechnical Engineering 2021, Volume 8, Issue 1, P 33-40. DOI (Journal): 10.37591/JoGE*

*4. Yazıcı, Elanur, and Yesim S. Unsever. Investigation of Cement and Fly Ash on the Improvement of Fine Sand Soil* Applie *2024.*d Sciences *14, no. 7: 2908. https://doi.org/10.3390/app14072908*

*5. James, J. Industrial Wastes as Auxiliary Additives to Cement/Lime Stabilization of Soils. Advances in Civil Engineering, 2016 (Article ID 1267391), 17 p. https://doi.org/10.1155/2016/1267391*