

## **Використання відходів промисловості для будівництва автомобільних доріг**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

У даній роботі досліджено питання використання відходів промисловості, як будівельних матеріалів, для спорудження автомобільних доріг. Особлива увага приділена екологічним та економічним перевагам, які виникають у результаті застосування промислових відходів замість традиційних матеріалів. Розглядаються різні види промислових відходів, які можуть бути використані, такі як зола, шлаки, будівельні відходи тощо, а також аналізується їхня ефективність та вплив на довговічність дорожніх покриттів.

**Ключові слова:** відходи промисловості, дорожнє будівництво, екологічні матеріали, шлаки, економія ресурсів, довговічність доріг.

### **Abstract**

In this work, I investigated the use of industrial waste as construction materials for the construction of highways. Special attention is paid to the environmental and economic advantages that arise from the use of industrial waste instead of traditional materials. Different types of industrial waste that can be used, such as ash, slag, construction waste, etc., are considered, and their effectiveness and impact on the durability of road surfaces is analyzed.

**Keywords:** industrial waste, road construction, ecological materials, slag, saving resources, durability of roads.

### **Вступ**

Із зростанням рівня урбанізації та індустріалізації питання утилізації промислових відходів стає все більш актуальним. Традиційне будівництво автомобільних доріг вимагає великої кількості природних ресурсів, таких як гравій, пісок, щебінь, що призводить до виснаження природних запасів. Використання промислових відходів у дорожньому будівництві може не лише зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, але й сприяти розвитку більш стійких та економічно вигідних технологій. У цій роботі розглядаються переваги та перспективи використання промислових відходів як альтернативних матеріалів для будівництва доріг.

### **Результати досліджень**

#### **1. Огляд сучасних підходів до утилізації промислових відходів**

Сучасні технології спрямовані на ефективне використання промислових відходів, що сприяє збереженню природних ресурсів та зменшенню забруднення довкілля. Україна, як і багато країн світу, прагне зменшити обсяги промислових відходів шляхом їх утилізації у будівництві. Серед популярних матеріалів, які використовують у дорожньому будівництві, виділяють золошлакові відходи, металургійні шлаки та відходи будівельної промисловості. Міжнародний досвід (США, країни ЄС, Китай) демонструє, що ці відходи можуть бути ефективно застосовані у дорожньому покритті, при цьому забезпечуючи міцність, стійкість і довговічність доріг [1].

#### **2. Види промислових відходів, що можуть бути використані у дорожньому будівництві**

Золошлакові відходи утворюються в процесі спалювання вугілля на теплових електростанціях (ТЕЦ). Завдяки своїм зв'язуючим властивостям, вони можуть використовуватись у будівництві

дорожніх основ. Зола має здатність до зміцнення структури дорожнього покриття, підвищуючи його стійкість до вологи та знижуючи ризик появи тріщин [1]. Дослідження показують, що додавання золи у дорожнє покриття зменшує обсяг використання традиційних матеріалів та підвищує довговічність доріг [2].

Металургійні шлаки є побічним продуктом виробництва сталі. Вони мають високу міцність, зносостійкість та здатність покращувати структурну цілісність доріг. Завдяки цим властивостям шлаки можна використовувати, як замітник природного щебеню, що дозволяє суттєво знизити витрати на будівництво. В Україні використання шлаків у дорожньому будівництві вже запроваджено на кількох об'єктах, що дозволяє оцінити переваги цього матеріалу [1, 2].

Будівельні відходи, такі як залишки бетону, цегли, асфальту, можна використовувати, як вторинний ресурс у дорожньому будівництві [3]. Процес переробки таких відходів включає їх подрібнення та очищення, що дозволяє створити матеріал для укріплення основи дороги. Це зменшує кількість відходів на сміттєзвалищах та сприяє економії природних ресурсів.

Використання відходів полімерних матеріалів, зокрема пластику з відходів міського господарства, у дорожньому покритті також набирає популярності. Полімери додають до асфальту, що підвищує його стійкість до погодних умов, вологи та зношування. Досвід країн, таких як Індія та Нідерланди, показує, що дороги з полімерними добавками служать довше і потребують менше обслуговування [4, 5]. Також сьогодні полімерні відходи піддають повторній переробці і виготовляють з них полімер-піщану тротуарну плитку, яка вирізняється довговічністю, високою стираністю та декоративними якостями.

### **3. Екологічні та економічні аспекти використання промислових відходів у дорожньому будівництві**

Використання промислових відходів у дорожньому будівництві має значні екологічні та економічні переваги. Зменшення обсягів відходів, які потрапляють на сміттєзвалища, сприяє зниженню шкідливих викидів у повітря, води та ґрунти. Крім того, утилізація відходів допомагає зменшити потребу в природних ресурсах, таких як пісок, щебінь, що знижує витрати на видобуток і транспортування цих матеріалів. З економічної точки зору, використання вторинних матеріалів знижує загальні витрати на будівництво доріг, що є вигідним для державного бюджету та дозволяє реалізувати більше інфраструктурних проєктів.

### **4. Практичні результати та оцінка ефективності використання промислових відходів у будівництві доріг**

Дослідження, проведені на дорогах, побудованих із застосуванням промислових відходів, показують, що такі дороги є не менш надійними, ніж ті, що побудовані з використанням традиційних матеріалів. Наприклад, дороги зі шлаковими добавками демонструють хорошу стійкість до навантажень і тривалість служби, а полімерні добавки підвищують стійкість асфальту до температурних коливань [1-3]. Досвід США, Європи та Китаю показує, що такі рішення допомагають не лише в покращенні якості доріг, а й у скороченні витрат на їх обслуговування. В Україні, де є великий потенціал для використання таких технологій, успішні реалізовані проєкти можуть слугувати прикладом для подальшого впровадження альтернативних матеріалів у дорожнє будівництво.

## **Висновки**

Використання промислових відходів у дорожньому будівництві є ефективним та перспективним підходом для зменшення негативного впливу на довкілля і витрат на матеріали. Це також сприяє покращенню утилізації відходів та збереженню природних ресурсів. Подальші дослідження в цьому напрямі можуть допомогти вдосконалити технології використання промислових відходів, зокрема з метою збільшення довговічності та безпечності дорожніх покриттів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Соколов О. В., Желотобрюх А. Д., Копинець І. В., Каськів В. І. Використання відходів промисловості в дорожньому будівництві. *Дороги і мости. Збірник наукових праць*. 2020. Вип. 21. С. 110-119. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.21.110> (дата звернення: 10.11.2024).
2. Фоменко О. О., Сєдов А. В. Використання зольних відходів при будівництві ґрунтових основ автомобільних доріг. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2022. №18. С. 174-182. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-18](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-18) (дата звернення: 10.11.2024).
3. Сердюк І., Соболев Д., Гуняк О., Марків Т. (2024, July). Застосування будівельних відходів у дорожньому будівництві. In *XXXII International scientific and practical conference «Global Trends and Direction of Scientific Research Development»(July 31-August 2, 2024) Hamburg, Germany. International Scientific Unit*. 2024. 285 p. P. 31.
4. Ільченко В. В., Худолій, О. М.. Використання відходів побутового пластику в дорожньому будівництві. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/15636/1/5.pdf> (дата звернення: 10.11.2024).
5. Пластикові дороги: як їх будують в світі і чи з'явиться в Україні асфальт з вторсировини. URL: <https://rubryka.com/article/plastic-roads/> (дата звернення: 10.11.2024).

**Баюра Андрій Михайлович** – студент групи БМ-22б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [andriibaura2005@gmail.com](mailto:andriibaura2005@gmail.com).

**Бондар Олександр Васильович** – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, email: [bondar.sashko@gmail.com](mailto:bondar.sashko@gmail.com)

**Бондар Альона Василівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

**Науковий керівник: Бондар Альона Василівна**

**Andriy Bayura** – student of the BM-22b group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [andriibaura2005@gmail.com](mailto:andriibaura2005@gmail.com).

**Bondar Oleksandr** – graduate student, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [bondar.sashko@gmail.com](mailto:bondar.sashko@gmail.com)

**Bondar Alena V.** – Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)