

В'язуче з відходів для дорожнього будівництва

Вінницький національний технічний університет

Анотація: В роботі проведений аналітичний огляд та дослідження з приводу використання промислових техногенних відходів червоного шламу та фосфогіпсу для дорожнього будівництва.

Встановлено, що можливе використання червоного бокситового шламу та фосфогіпсу як важливих компонентів у дорожньому будівництві

Ключові слова: червоний шлам; фосфогіпс, портландцемент, дорожнє будівництво

Abstract: In this work an analytical review and research on the use of industrial man-made waste sludge of red mud and phosphogypsum for road construction was carried out.

It is established that red bauxite slurry and phosphogypsum are possible as important components in road construction.

Keywords: red mud; phosphogypsum, portland cement, road construction

Економія палива і електроенергії, використання побічних продуктів промисловості, зниження рівня забруднення навколишнього середовища, зменшення витрат природної сировини, — є найважливішою задачею, що стоїть перед промисловістю будівельних матеріалів. Одним з найперспективніших напрямків розв'язання стратегічних задач будівельного комплексу є використання багатотоннажних відходів - фосфогіпсів, дисперсних металевих шламів та місцевих природних сировинних ресурсів в технології виробництва ефективних будівельних матеріалів. [1]

Використання відходів виробництв та побічних продуктів при отриманні в'язучих речовин може здійснюватись у трьох напрямках:

- як вихідна сировина або компонент шихти для отримання в'язучих матеріалів;
- як компонент, що входить до складу готової в'язучої речовини;
- як добавка-модифікатор властивостей в'язучого матеріалу. [2]

При розробці в'язучого для дорожнього будівництва використовують відомі відходи промисловості: фосфогіпс, в якості лужного компоненту — бокситовий (червоний) шлам Миколаївського глиноземного заводу, а також портландцемент. Використовувався відвальний фосфогіпс у природному стані з вологістю (з урахуванням хімічно зв'язаної води) 30-32%, червоний шлам із вологістю 18-25%. [3]

Практичне значення на сьогоднішній день має використання червоного бокситового шламу для отримання різноманітних видів в'язучих з заданою міцністю при стиску та згині, необхідною водостійкістю та поліпшеними техніко-економічними показниками. Застосування бокситових шламів дозволить розширити номенклатуру бетонів, майже не змінюючи існуючі технології виготовлення бетонів. [4]

Червоний шлам — ефективний компонент з комплексним характером впливу. По-перше, за рахунок введення шламу до складу бетону знижується пористість, підвищується морозостійкість та довговічність. По-друге, наявність лугів ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} =$ в межах 6 %) дозволяє застосовувати його як лужний мікронаповнювач — він змінює мікроструктуру цементного каменю та мезоструктуру контактних зон структуроутворення. По-третє, оксид заліза, гідратуючись в лужному середовищі, що утворюється при гідролізі складових цементу, створюють гелеподібні агрегати, в комірках яких міститься рідина. Такий гідрогель гідроокису заліза здатний блокувати пори цементного каменю, підвищуючи його непроникуваність, гідроксиди беруть участь в синтезі та структуроутворенні полімінеральних в'язучих речовин. По-четверте, червоний шлам крім того, покращує зовнішній вигляд виробів, надаючи виробам червонувато-коричневого кольору. [5]

Характерними особливостями червоного шламу, як лужного мікронаповнювача є лужна реакція (рН приблизно 12) та дрібнодисперсна будова - 90 % частинок має радіус менше 10 мкм. Також,

червоний шлам характеризується постійним хімічним складом по даним лабораторії МГЗ вміст оксидів в складі червоного шламу змінюється в таких межах наведених у табл.2

Таблиця 2

Вміст оксидів у складі червоно шламу

Оксиди	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O+K ₂ O	P ₂ O ₅	V ₂ O ₅	п.п.п
Масова частка оксидів, %	9,5 – 11,1	4,4 – 5,6	17,0 – 19,0	39,0- 43,0	7,6 – 9,5	6,2 – 6,9	0,2 – 0,3	0,2 – 0,25	7,9 – 10,5

Науковою школою НДІВМ КНУБА ім. В.Д. Глуховського було розроблено ряд технологічних рішень по використанню червоного шламу при виробництві будівельних матеріалів. Відомо, що у високолужних середовищах, які створюються лужними в'язучими речовинами, більшість силікатних утворень (як природних мінеральних, так і штучних у вигляді відходів виробництв, у тому числі низько активних) значно активуються і набувають здатності синтезувати міцний водостійкий камінь .

Так, розроблено склади лужних цементів з використанням до 60% червоного шламу від маси цементу . При цьому міцність штучного каменю сягає до 60 МПа у віці 28 діб. Також було поширено сфери застосування червоного шламу у пресованих виробках (цегла, плитка, черепиця). Масова частка червоного шламу в шихті сягає до 75 %, а міцність виробів на стиск складає 25-45 МПа. Аналізуючи отриманні результати, можна стверджувати про можливість використання червоного шламу у пресованих виробках. Це дозволяє використовувати червоний шлам як компонент зміцнених ґрунтів у дорожньому будівництві.

В результаті досліджень було запропоновано концепцію використання шлаколужного цементу, вона дозволяє значно підвищити вміст червоного шламу (до 80% від загальної маси) у складі зміцненого ґрунту для нижніх шарів дорожнього полотна. Високі показники коефіцієнта розм'якшення (від 0,76 до 6,0) свідчать про водостійкість штучного каменю, а міцність на стиск якого складає від 5 до 11 МПа, що відповідає встановленим вимогам стандартів та враховуючи активність природних радіонуклідів поширює сферу можливого використання на різні типи автомобільних доріг. [6].

Одним з найбільш накопичених забрудників навколишнього середовища є фосфогіпс. В Україні на даний момент його є більше 90 млн. т. . На сьогоднішній день розроблено велику кількість технологій отримання будівельного і високоміцного гіпсу з фосфогіпсу, хоча достатню кількість не реалізовано. Саме існуюча цінова політика на природну сировину сприяє цьому , вона не заохочує в повній мірі альтернативних вторинних сировинних ресурсів. [7].

Використання фосфогіпсу у дорожньому будівництві вирішує проблему утилізації відходів, що в більшості випадків представляється ефективним і економічно вигідним. Сухі будівельні суміші на основі фосфогіпсу мають широкий асортимент та сферу використання. З відходів фосфогіпсу отримують гіпсове в'язуче, з якого виготовляють сучасні модифіковані штукатурні та шпаклювальні стартові та фінішні маси, клейові суміші для приклеювання гіпсокартонних плит та зароблення швів між ними. [8].

Фосфогіпс-напівгідрат може бути рекомендований для дорожнього покриття в тих районах, де не пред'являються підвищені вимоги по морозостійкості. Детально вивчена В.П. Кожушко [9] можливість використання фосфогіпсу напівгідрату для зміцнення ґрунтів в дорожньому будівництві. Детально досліджені фізико-механічні властивості і фазовий склад укріплених ґрунтів. Склад фосфогіпсу тривалого вилежування наближається до стандартних норм. В той же час можуть бути і відхилення в кількості шкідливих домішок – сполук фосфору і фтору від граничних норм, які можуть бути перевищені. Це викликає необхідність хімічної обробки фосфогіпсу з метою перетворення розчинних сполук фосфору і фтору в нерозчинні, а також нейтралізації залишків фосфорної і сірчаної кислот. Особливу небезпеку представляють легкорозчинні сполуки, і, перш за все, важкі метали. Економічна ефективність від заміни гіпсу фосфогіпсом очевидна, крім того, зберігаються природні ресурси і значні земельні площі . [10]

На базі ВНТУ було проведено дослідження в'язучих з відходів для дорожнього будівництва.

В'яжуче, яке складається з суміші, що містить 30% червоного шламу, 10% портландцементу ПЦ, 60% – фосфогіпс із відвалів Вінницького ДВО “Хімпром” активізували у бігунах 15 хв. до утворення однорідної маси червоного кольору. Отриману вологу суміш в'яжучого пресували при тиску 5, 10, 15 і 20 МПа в зразки циліндрів (Ø 5 та висотою 5 см.). Зразки зберігаються при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$ з відносною вологістю повітря $98 \pm 2\%$ протягом 28 діб перед випробуванням їх насичують водою протягом 48 годин (табл. 3).

Таблиця 3

№	Тиск преса, МПа	Маса, м	n, см	V см ³	ρ г/см ³	$\rho_{\text{сер}}$ г/см ³	P _{розд} кгс	P/S кг/см ²	P/S _{сер} кг/см ²	Маса волог.
1/1 1/2 1/3	5	157	5,03	102,612	1,53	1,53	970	47,549	38,76	Ср. 40
		152	4,86	99,144	1,533		600	29,411		
		160	5,13	104,652	1,528		680	39,333		
2/1 2/2 2/3	10	152	4,54	92,616	1,641	1,63	1130	55,392	58,98	Ср. 60,784
		157	4,7	95,88	1,637		1250	61,247		
		163	4,93	100,572	1,62		1230	60,294		
3/1 3/2 3/3	15	167	4,89	99,756	1,674	1,683	1620	79,411	72,71	Ср. 75,98
		167	4,85	98,94	1,687		1480	72,549		
		165	4,79	94,716	1,688		1350	66,176		
4/1 4/2 4/3 4/4 4/5 4/6	20	182	5,17	105,468	1,725	1,726	1400	68,627	79,87	Ср. 88,27
		177	5,01	102,204	1,731		1300	63,725		
		187	5,35	109,14	1,713		2000	98,039		
		182	5,23	106,692	1,705		1830	80,705		
		182	5,1	104,04	1,749		1650	80,882		
		177	5,0	102	1,735		1780	87,258		

В результаті досліджень було отримано значення середньої густини та середньої границі міцності зразків, що дало змогу побудувати графіки залежності середньої густини (рис.1) та середньої міцності (рис.2) від тиску пресування.

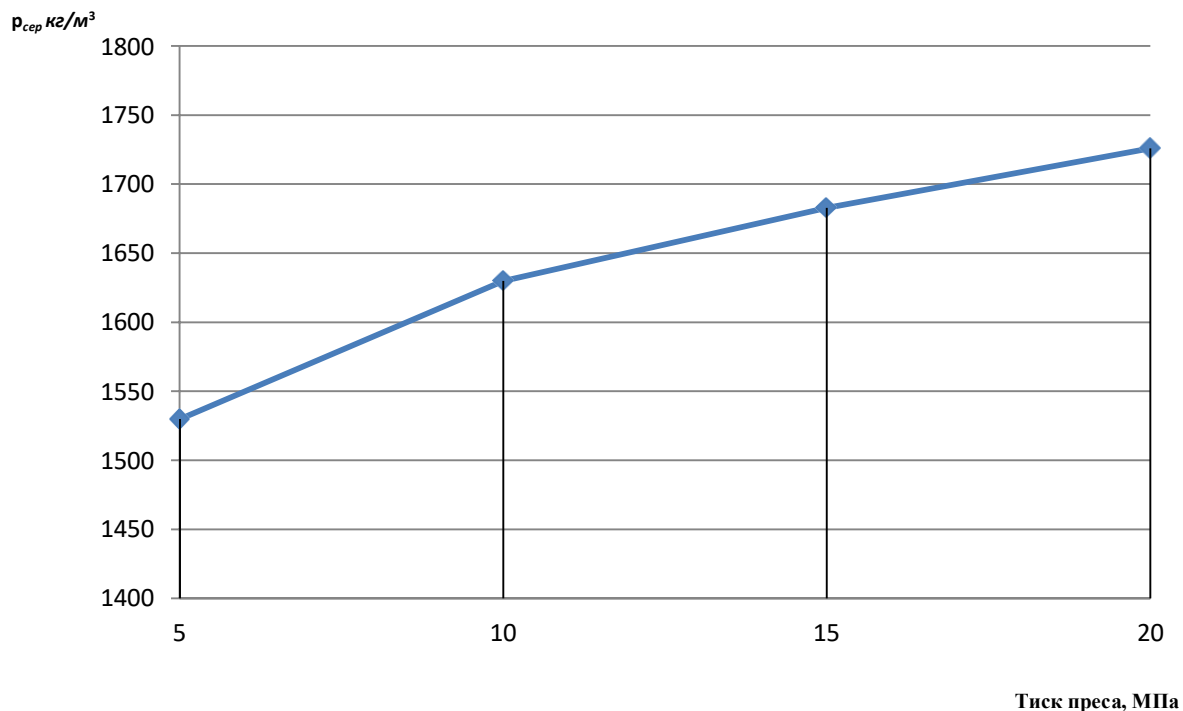


Рис.1 Залежність залежності середньої густини від тиску пресування.

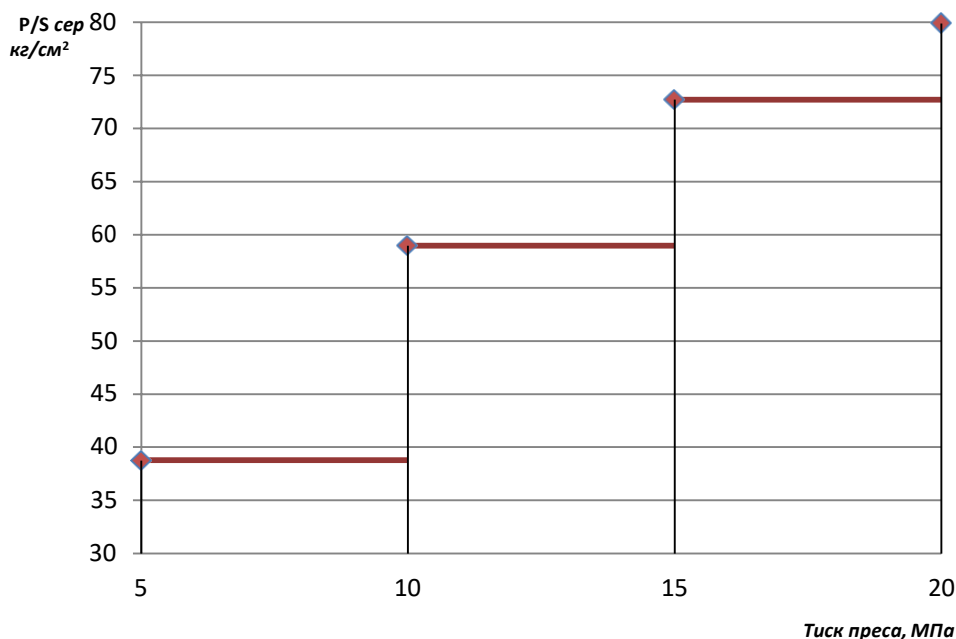


Рис.2 Залежність середньої граничної міцності від тиску пресування

Розглянувши рисунок 2 було визначено, що при поступовому збільшенні тиску на 5 МПа, змінюється і середня границя міцності. При зростанні значення тиску з 5 МПа до 10 МПа значення граничної міцності з 38,76 кг/см² аналогічно збільшилось на 15%, ставши 58,98 кг/см². Відповідно при послідовному збільшенні тиску преса до 15 МПа та 20 МПа, середня границя міцності збільшилась на 11,7% та 11,4%. Результати дослідження відповідають нормам ДСТУ ДСТУ Б В.2.7-91-99.

Висновки

При проведенні аналітичного огляду було розглянуто можливість використання червоного шламу, фосфогіпсу та портландцементу як складові комплексного в'язучого для дорожнього будівництва. Проведені дослідження дали змогу побачити й оцінити залежність густини і граничної міцності від тиску преса, та порівняти отримані значення з нормами. Вище проведене дослідження підтверджує ідею ефективного використання комплексного в'язучого у дорожньому будівництві та його економічну доцільність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сердюк В.Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев О.В. Христюк // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Випуск 33. – С. 57-62.
2. 1. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б., Кочевих М.О., Гасан Ю.Г., Константинівський Б.Я., Ракша В.О. К 82 Будівельне матеріалознавство: Підручник.- К.: ТОВ УВПК «ЕксОб», 2004. - 704 с
3. М.Ф. Друкований, В.П. Очеретний, В.П. Ковальський, В.П. Чепурченко В'язуче з відходів для дорожнього будівництва, ВНТУ
4. В. П. Ковальський, В. П. Очеретний Комплексне золоцементне в'язуче, модифіковане лужною алумоферитною добавкою : монографія / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 98 с.
5. В. П. Очеретний і В. П. Ковальський, Дрібношугучні стінові матеріали з використанням відходів промисловості, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 1, с. 16-21, Лис 2010.
6. О.Ю Ковальчук, В.І Пушкар, А.В. Пасько Дослідження можливості використання червоного шламу як основи для будівництва доріг, *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*, 2016. – Вип. № 62, с 90-94
7. Очеретний В. П. Дрібношугучні стінові матеріали з використанням відходів промисловості [Текст] / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. - 2005. - № 1. - С. 16-21.
8. Лемешев М.С. Комплексна переробка техногенних відходів хімічної промисловості та металообробних виробництв / М.С. Лемешев, О.В. Христюк, О.В. Березюк // *Materiály XI Mezinárodní vědecko-praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy – 2015»*. – Praha (Czech): Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2015. – Díl 7. Fyzika. Matematika. Moderní informační technologie. Výstavba a architektura. Technické vědy. – S. 60-62.

9. Кожушко В.П. Гидрофобизация изделий из гипсовых вяжущих – одно из направлений расширения сферы их применения в строительстве // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, 2005.-№ 29.

10. О.В. Крайнюк, Ю.В. Буц, В.Г. Кобзін До питань небезпеки відходів промисловості при будівництві автомобільних доріг ,серія Безпека життєдіяльності, ст. 157-153

Ковальський Віктор Павлович – к.т.н., доцент кафедри будівництва міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету.

Постолатій Маріанна Олександрівна – студентка групи Б-17, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницького національного технічного університету, Вінниця, postolatiu@gmail.com.

Комаринський А.В. – студент групи БМ-17мі, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Kovalsky Viktor Pavlovich - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Urban and Architecture Construction of Vinnytsia National Technical University.

Postolatii Marianna - student of B-17m group, Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya

Komarinsky A. V. - student of BM-17mi group, Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya