

**БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ**

УДК 666.914:691

**М. С. Лемешев  
О. В. Христич  
С. Ю. Зузяк****РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА  
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ  
ТЕХНОГЕННИЙ ВІДХОДІВ**

Вінницький національний технічний університет

*У публікації висвітлено перспективні напрямки отримання нових будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів Вінницької області. Відображено отримані результати розробки ресурсозберігаючої технології переробки шкідливих промислових відходів (фосфогіпси, золи-винос і червоні шлами) з змодельованої у вигляді блок-схем технологічних процесів виробництва будівельних виробів.*

*Проведені дослідження комплексної технології механо-хімічної активації відходів підприємств енергетичної галузі з використанням фосфогіпсу і червоного шламу.*

*Показана можливість адаптації запропонованої технології в умовах діючих виробництв підприємств промисловості будівельних матеріалів та виробів без потреби в значних капітальних затратах і організаційно-технологічних заходів.*

*Ключові слова: будівельні матеріали, ресурсозберігаюча технологія, техногенні відходи.*

**Вступ**

Серед широкого різномаяття відомих технологій виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів особливих прерогатив повномасштабного застосування будь-якої з відомих на підприємствах промисловості будівельних матеріалів і виробів не спостерігається. Даний факт пояснюється необхідністю попередньої підготовки (очищення, гомогенізації, висушування, подрібнення і домелювання та ін.) компонентів будівельних сумішей пов'язаної з подальшими процесами впровадження в існуючі виробничі цикли додаткових операцій і додаткових ресурсів, що суттєво ускладнює технологічний процес та призводить до повторного утворення шкідливих відходів. Таким чином завдання розробки і дослідження нових ефективних ресурсозберігаючих технологій використання техногенних продуктів при виготовленні будівельних матеріалів є досить актуальним.

Найбільш поширеним серед різновидів в'язучих компонентів будівельних сумішей є портландцемент та його модифікації. Питома вага цього компоненту у складі будівельних сумішей складає 35÷60 % їх собівартості. Пошук і розробка нових ефективних в'язучих компонентів та їх комплексів обумовлені наступними причинами: з однієї сторони, значною кількістю енергозатрат виробничого циклу і, як наслідок, високою собівартістю портландцементу; з другої сторони, потребою в нових будівельних матеріалах, які характеризуються комплексом загальнобудівельних і спеціальних властивостей (теплоізоляція, жаростійкість, стійкість до впливів агресивних речовин, радіаційного випромінювання, біологічних організмів, з високою чи низькою густиною тощо) [1-2].

**Аналіз наявних напрацювань і постановка задач досліджень**

Опубліковані матеріали перспективних напрямків розв'язання стратегічних задач будівельного комплексу підтверджують доцільність використання багатотоннажних відходів Вінницької області - фосфогіпсів, золи-виносу, дисперсних металевих шламів та місцевих природних сировинних ресурсів в технології виробництва ефективних будівельних матеріалів. Переробка і застосування таких відходів вигідна як з економічної, так і екологічної точки зору, адже одночасно відбувається звільнення значних земельних угідь від накопичених відвалів шкідливих хімічних відходів і зниження витрат на їх формування та утримання [2].

Енергетична криза потребує запровадження ресурсозберігаючих технологій виготовлення будівельних матеріалів. Одним з ефективних компонентів будівельних сумішей є накопичені у відвалах підприємств енергетичної галузі зола-шлакові відходи. Відомо також, що не набули широкомасштабного використання в промисловості будматеріалів шкідливі відходи підприємств хімічної галузі, зокрема фосфогіпси, червоні шлами і стоки з високим вмістом кислот [3-4].

Підтверджено, що одним з перспективних напрямів розв'язання складних народногосподарських задач по зниженню собівартості будматеріалів шляхом скорочення витрат сировинних, паливно-енергетичних і інших ресурсів, є розширення використання промислових відходів, як вторинної сировини. З таким ресурсо-ефективним сировинним матеріалом, як підтверджують опубліковані розробки, пов'язані значні резерви по підйому виробництва і його подальшій інтенсифікації [5].

Серед відомих технологій виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів відсутні комплексні підходи до поєднання в технологічному циклі декількох різновидів техногенних продуктів. Складність таких процесів пояснюється насамперед необхідністю попередньої підготовки компонентів сировинних сумішей, так як вони різняться за своїми фізико-хімічними властивостями. Існуючі технології використання компонентами будівельних сумішей техногенних матеріалів пов'язані з необхідністю їх глибокої очистки, термічної обробки, застосування фізико-механічних процесів активації і зміни гранулометрії, що суттєво призводить до подорожчання кінцевого продукту [5].

### Основна частина

Розвиток технологічних процесів в галузях народного господарства, зміна запитів споживачів до будівельної продукції вимагають розробки нових будівельних матеріалів і, в першу чергу, в'язучих. Основними компонентами будівельних сумішей є цемент, вапно, гіпс, крейда, заповнювачі і хімічні добавки. Добавки, що використовуються при виготовленні таких сумішей, в переважній більшості завозяться на Україну з-за кордону, а отже їх вартість досить значна.

Отримані фосфогіпсозолоцементні в'язучі на основі відходів хімічної промисловості дозволяють вирішити актуальну для України проблему енерго- та ресурсозбереження шляхом створення нових будівельних матеріалів поліфункціонального призначення [5].

Згідно санітарно-гігієнічних вимог, особлива увага приділяється будівельним матеріалам, які використовуються всередині приміщень. Перепоною для повномасштабного використання техногенних відходів виробниками будівельних матеріалів є наявність у їх складі природних радіонуклідів. З результатів вивчення ступенів природної радіоактивності техногенних відходів встановлено, що сумарна питома активність для фосфогіпсу складає 56,9 Бк/кг, для золи-виносу – 284 Бк/кг, для червоного шламу – 450 Бк/кг [7]. Таким чином найбільш перспективним напрямом використання будівельних виробів з техногенними заповнювачами буде виробництво конструкційно-теплоізоляційних матеріалів для зовнішнього застосування.

Використання попередньо активованої золи-виносу як ефективного заповнювача у складі формувальних розчинів дисперснонаповненого бетону є одним з перспективних шляхів ресурсозбереження. Ресурсозберігаючий комплексний метод механо-хімічної активації передбачає руйнування поверхні склоподібної оболонки частинок золи-виносу (ЗВ) шляхом поетапного використання кислотних залишків у фосфогіпсів або її розчиненням лужними розчинами, що утворюються в процесі активації червоними шлами. Застосування процесів активації механічного перемішування зола-шламової і зола-фосфогіпсової сумішей прохідному змішувачі-активаторі сприятиме більш повній руйнації скловидних оболонок золи-виносу [8].

Встановлено, що основні складові золи-виносу –  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  перебувають переважно у вигляді скловидних фаз. Їхня кількість суттєво впливає на властивість золи. Хімічний склад компонентів золи виносу наведені в таблиці 1. В результаті досліджень було виявлено, що активність золи зростає із збільшенням вмісту кремнієвмісних компонентів у складі сполук заповнювача [4]. Руйнування скловидної оболонки хімічною активацією відкриває доступ до складових компонентів золи-виносу. В результаті проявляється найважливіша властивість ЗВ – її здатність реагувати з гідроксидом кальцію безпосередньо або з тим  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , який виділяється при гідратації цементу.

Реалізація результатів теоретичних обґрунтувань гіпотези активації золи залишками кислот, які входять до складу фосфогіпсів і луговмісними сполуками, які знаходяться в червоному шламі передбачає застосування ресурсозберігаючої технології попередньої активації компонентів. В

процесі часткового розчинення скловидної оболонки золи-винос залишками кислот і послідуоча активація луговмісними сполуками забезпечить інтенсифікацію гідравлічної активності оксидів золи [5-6].

Таблиця 1

**Хімічний склад золошлаків і золи-винос**

Вміст оксидів	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	П.П.
Золошлаки Ладижинської ДРЕС	49,26	23,00	19,35	3,53	1,79	2,11	0,40	0,10	1,40
Золи-винос Ладижинської ДРЕС	52,1	23,1	15,6	3,16	1,08	0,4	1,2	0,57	0,7
Золи-винос США [3]	34-48	17-31	6-26	1-10	0,5-2	(Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) в перерахунку на Na <sub>2</sub> O не має перевищувати 1,5 %		0,2-4	1,5-2

Дослідження обґрунтованої наукової гіпотези проводились шляхом визначення фізико-механічних властивостей зразків виготовлених з використанням розробленої ресурсозберігаючої технології отримання будівельних матеріалів. Для дослідження впливу механічної активації (помел на протязі 30 хв.) і хімічної активації ЗВ кислотними залишками фосфогіпсів та луговмісними речовинами червоних шлаків на фізико-механічні характеристики матеріалу, складові компоненти в'язучих готували методом сумісного й роздільного помелу (табл. 2).

Формування зразків здійснювали з віброущільненням і послідуочим пропарюванням. Прийнятий в дослідженнях контрольний склад наступний: 35 % мас. золи – винос Ладижинської ДРЕС і 65 % мас портландцемент М400. Як видно з табл.2 при сумісному помелі середня густина дрібнозернистого бетону складає 1680-1840 кг/м<sup>3</sup>. Міцність при стиску для зразка №2 дорівнює 3,5 МПа. Це можна пояснити наявністю кислих залишків у фосфогіпсі 2-5%, які негативно впливають на механічні характеристики в'язучого. Тому фосфогіпс потрібно попередньо нейтралізувати, використовуючи кислі залишки для активації ЗВ. Для підтвердження були проведенні дослідження при роздільному помелі компонентів. Сумісно мололись тільки зола і фосфогіпс (70 % мас золи-виносення і 10 % мас фосфогіпсу) в шаровому млині на протязі 30 хв. Піщано-цементну суміш активували окремо до дисперсності співрозмірної із зольною. Отримані результати показали, що роздільний помел і поетапне змішування компонентів, де проводилася хімічна активація золи на протязі 30 хв., по різному впливає на механічні властивості зразків – міцність зразків зростає від 3,5 МПа до 4,05 МПа.

Таблиця 2

**Склад і фізико-механічні властивості виробів**

Зразок	Склад сухої суміші	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Міцність при згинанні, МПа	Міцність при стиску, МПа
При сумісному помелі усіх компонентів				
1	Без добавок	1680-1840	1,52	3,82
2	З добавкою фосфогіпсу 10 % мас.		1,44	3,5
При роздільному помелі усіх компонентів				
3	З добавкою фосфогіпсу – 10 % мас.	1730-1760	1,7	4,05
4	З добавкою червоного шламу – 10 % мас	1780-1860	1,84	4,11

Позитивний ефект в процесі дослідження розробленої ресурсозберігаючої технології виробництва будівельних матеріалів з використанням червоних шлаків також пояснюється доцільністю використання методів механо-хімічної активації кремнієвмісних відходів підприємств

енергетичної промисловості. Так отримано приріст по міцності на 7 % порівняно з контрольними зразками (табл. 2). Активація часток золи-винос лужними компонентами червоних шламів наряду з використанням механо-хімічної активації кислотними залишками сполук фосфогіпсів дозволяє підвищити ступінь гідралічної активності техногенних відходів для використання у складі будівельних сумішей.

Використання червоних шламів для фізико-хімічної активації ЗВ також позитивно відображається на характеристиках комплексного в'язучого і самих зразків будівельних матеріалів. Авторами [8-9] доведено, що додавання бокситового шламу до складу золоцементної суміші забезпечує інтенсифікацію процесів новоутворень мінерально-фазового складу тверднучого матеріалу. Додавання до складу попередньо активованих золо-шламових сумішей 25-30 % мас портландцементу М400 забезпечує отримання механічної міцності зразків при стиску 12 – 16.4 МПа.

Подальше впровадження запропонованої ресурсозберігаючої технології виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів на підприємствах будівельного комплексу цілком зручно може адаптуватись в умовах діючого виробництва. Для реалізації результатів досліджень і здійснення впровадження їх на виробництві, розроблено технологічну схему виготовлення будівельних виробів з використанням нової ресурсозберігаючої технології (рис. 1).

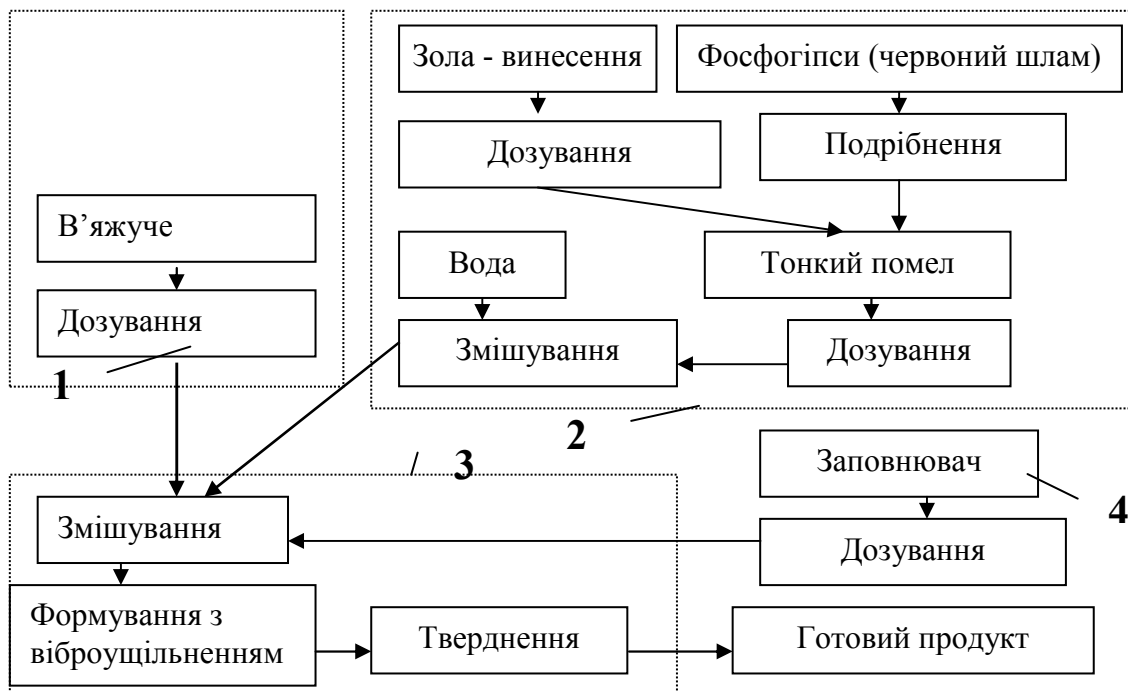


Рисунок 1 – Технологічна схема ресурсозберігаючої технології виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів, де: 1, 2, 3, 4 технологічні ділянки окремо-розподілених виробничих операцій

Вміст у складі червоних шламів залишків природних радіонуклідів в процесі використання компоненту у складі сировинних сумішей буде дещо зменшуватись в отриманому будівельному матеріалі завдяки розосередженню іонізуючих елементів в процесі гомогенізації компонентів на стадії приготування формувального розчину. Передбачається використання отриманих будівельних виробів для зведення зовнішньо-орієнтованих елементів огорожуючи конструкцій будівель і споруд.

### Висновки

- Використання ресурсозберігаючої технології виготовлення будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів – зола-винос, фосфогіпс і червоний шлам у складі будівельних сумішей дозволяє отримувати вироби щільної структури із задовільними фізико-механічними характеристиками. Розроблена технологія може без потреби в значних

капітальних затратах і організаційно-технологічних заходах адаптуватись в умовах діючих виробництв підприємств промисловості будівельних матеріалів та виробів.

- Проведені дослідження комплексної технології механо-хімічної активації відходів підприємств енергетичної галузі з використанням фосфогіпсу і червоного шламу дозволяє скоротити витрати дороговартісного компонента (портландцементи) у складі будівельних сумішей до 35%, отримавши при цьому приріст механічних характеристик.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сердюк В. Р. Проблеми стабільності формування макроструктури ніздрюватих газобетонів безавтоклавного твердіння / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христич // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. - 2011. - №40. - С. 166-170.
2. Сердюк В. Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / Сердюк В. Р., Лемешев М. С., Христич О. В. // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 33. – С. 57–62.
3. Лемешев, М. С. Дрібнозернистий бетон з модифікованим заповнювачем техногенного походження / М. С. Лемешев, О. В. Христич, О. В. Березюк // Materiały XI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa przestrzeń Europy – 2015». – Przemysł (Poland): Nauka i studia, 2015. – Volume 23. Ekologia. Geografia i geologia. Budownictwo i architektura. Chemia i chemiczne technologie. – S. 56-58.
4. Сердюк В. Р. Золоцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2011. – № 1. – С. 57-61.
5. Лемешев М. С. Легкі бетони отримані на основі відходів промисловості / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Сборник научных трудов SWorld. – Иваново: МАРКОВА АД, 2015. – № 1 (38). Том 13. Искусствоведение, архитектура и строительство. – С. 111-114.
6. Лемешев М. С. В'язучі з використанням промислових відходів Вінниччини / М. С. Лемешев // Тези доповідей ХХІV міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я", Харків, 18-20 травня 2016 р. – Харків : НТУ "ХПИ", 2016. – Ч. III. - С. 381.
7. Лемешев М. С. Технологічні особливості формування електротехнічних властивостей електропровідних бетонів / М. С. Лемешев., О. В. Березюк., О. В. Христич // Мир науки и инноваций. – Иваново: Научный мир, 2015. – Выпуск 1 (1). Том 10. География. Геология. Искусствоведение, архитектура и строительство. – С. 74-78.
8. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар. // Рівне: Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186 – 193.
9. Лемешев М. С. Комплексна переробка техногенних відходів хімічної промисловості та металообробних виробництв / М. С. Лемешев, О. В. Христич, 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.

**Лемешев Михайло Степанович** – к. т. н., доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки Вінницького національного технічного університету.

**Христич Олександр Володимирович** – к. т. н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету.

**Зузяк Світлана Юрївна** – студентка Вінницького національного технічного університету.

**M. Lemeshev**

**O. Khrystych**

**S. Zuzyak**

## RESOURCE SAVING TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIAL PRODUCTION BY USING TECHNOLOGICAL WASTE

Vinnitsia National Technical University

*The publication highlights prospective directions for obtaining new building materials with the use of man-made wastes in the Vinnitsia region. The obtained results of the development of resource-saving technology for the processing of harmful industrial waste (phosphogypsum, ash-drift and red waste) from the simulated in the form of flowcharts of technological processes of production of building products are shown.*

*The research of complex technology of mechanochemical activation of waste of enterprises of the power industry with the use of phosphogypsum and red sludge has been carried out.*

*The possibility of adaptation of the proposed technology in the conditions of the existing production enterprises of the industry of building materials and products without the need for significant capital expenditures and organizational and technological measures is shown.*

*Key words: building materials, resource-saving technology, man-made wastes .*

*Mikhail Lemeshev* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Safety of Life and Security Pedagogy of Vinnytsia National Technical University.

*Alexander Khristich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Urban and Architecture of Vinnytsia National Technical University.

*Svitlana Zuzyak* – is a student at the Vinnytsia National Technical University.

**М. С. Лемешев**

**О. В. Христинч**

**С. Ю. Зузяк**

## **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ТЕХНОГЕННОЙ ПРИРОДЫ**

Винницкий национальный технический университет

*В публикации представлены перспективные направления получения новых строительных материалов с использованием вторичного сырья техногенного происхождения в Винницкой области. Представлены полученные результаты разработанной ресурсосберегающей технологии использования вредных промышленных отходов (фосфогипсы, зола-уноса и красный шлам) в составе смоделированной блок-схумы технологического процесса.*

*Проведенные исследования комплексной технологии механо-химической активации отходов предприятий энергетической отрасли с использованием фосфогипса и красного шлама.*

*Показана возможность адаптации предлагаемой технологии в условиях действующих производств предприятий промышленности строительных материалов и изделий без необходимости в значительных капитальных затратах и организационно-технологических мероприятий.*

*Ключевые слова: строительные материалы, ресурсосберегающая технология, промышленные отходы.*

*Лемешев Михаил Степанович* – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и педагогики безопасности Винницкого национального технического университета.

*Христинч Александр Владимирович* – канд. тех. наук, доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры Винницкого национального технического университета.

*Зузяк Світлана Юрївна* – студентка Винницкого национального технического университета.