

MODERN SCIENCE: challenges of today

Collective monograph

ISBN 978-80-974336-6-6

EAN 9788097433666

ISBN 978-80-974336-6-6

EAN 9788097433666

Modern science: challenges of today: Collective monograph. Bratislava, Slovakia, 2023.

The purpose of the monograph is to acquaint the scientific community with the results of research, in which separate ways of solving the fundamental task are proposed - the substantiation of a new scientific paradigm as the basis for solving the development of modern science, including from the point of view of the problems of the development of the entire global world. The scientific novelty of such a statement of the task and the possibility of its solution lies in the fact that all development problems are considered from the standpoint of defining a single goal, as well as from the standpoint of integrity, systematicity, and complexity, and on the basis of the unification of all sciences and spiritual knowledge into a single transdisciplinary knowledge and only in relation to the revealed objectively set goal of development. This provided the keys to the formation of a new modern scientific paradigm. Its practical use allows for the structural and systemic restructuring of science in such a way that the solution to development problems is formed not by the "trial and error" method, but is realized with an understanding of the ultimate goal and in the interests of each specific person living on the planet "Earth" and with a predictive horizon for the whole perspective, the goal will not be achieved yet.

Reviewers:

Asociat prof. Molnar Shandor, Cs.
Conf. univ. dr. Berlingher Daniel
Conf. univ. dr. Ioan-Mircea Farcash
S.L. Dr. Lile Ioana
Dr. Asociat prof. Ioan-Liviu Taut

Prof. JUDr. Dmytry Byelov, DrSc.
Asociat prof. Taras Datio
Asociat prof. Herzanich Vitaliy, Cs.
Prof. JUDr. Myroslava Bielova, DrSc.

Responsible secretary:

Myroslava Zan

Recommended for publication

by the Academic Council of the Institute of Professional Development,
protocol No. 9, September 14, 2023.



UNIVERSITATEA DE VEST
"VASILE GOLDIȘ"
din ARAD



CONTENTS

PART 1. APPLIED SCIENCES IN MODERN REALITIES: PROBLEMS AND PROSPECTS

КОМПОЗИТ НА ОСНОВІ СИСТЕМ СОПОЛІМЕР – ЧЕРВОНИЙ ШЛАМ <i>Мельник Л.І.</i>	6
ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОТРУЙНИКІВ НАСІННЯ ПРОТИ БУРОЇ ПЛЯМИСТОСТІ ЛИСТЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО В ПОЛІССІ УКРАЇНИ <i>Столяр С.Г., Трембіцька О.І., Журавель С.В., Клименко Т.В.</i>	39
MINIMIZING THE LEVEL OF CHEMICAL POLLUTION IN WORKING AREAS AT INDUSTRIAL SITES WITH AIR SUCTION SYSTEM AND NEUTRALIZATION <i>Rusakova T.</i>	49
PART 2. CHANGES IN THE FIELD OF ECONOMY, MANAGEMENT AND TOURISM: TODAY’S CHALLENGES	
ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ТА ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ФІНАНСОВОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ <i>Тимошук Н.С.</i>	89
ОЦІНЮВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕКСПОРТУ ТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВОГО ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ МІЖНАРОДНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ <i>Капа Н.І.</i>	124
DIGITAL TRANSFORMATION OF UKRAINIAN REGIONS IN MODERN CONDITIONS <i>Kostovyat H., Rogov V.</i>	140

ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙНИ <i>Хумич І.Г.</i>	150
--	-----

MODELING OF STATE DEBT SECURITY THRESHOLD LEVELS EVALUATION PROCESSES <i>Pilko A.D., Chepyha B.T.</i>	182
---	-----

PART 3. HEALTH CARE: INNOVATIONS AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

DEVELOPMENT OF FEED ADDITIVES BASED ON METAL NANOPARTICLES FOR THE CORRECTION OF TRACE ELEMENT DISEASES IN POULTRY <i>Naumenko S., Koshevoy V., Matsenko O., Miroshnikova O., Bespalova I.</i>	203
---	-----

ГЕНЕЗИС ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ПСИХІАТРИЧНОГО ПРОФІЛЮ В КРАЇНАХ ЄС ТА В УКРАЇНІ ЯК БЕЗПЕКОВА ДЕТЕРМІНАНТА НАДАННЯ ПСИХІАТРИЧНИХ МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ) <i>Чорна В.В., Махнюк В.М.</i>	231
---	-----

PART 4. MODERN LEGAL SCIENCE: THEORY AND PRACTICE OF APPLYING THE LATEST PARADIGM

THE CONSTITUTION OF THE STATE: THEORY AND PRACTICE <i>Byelov D.M., Bielova M.V.</i>	284
--	-----

SUBSTANTIAL DAMAGE AS A SIGN OF THE CRIME, WHICH IS PROVIDED BY PART 3 OF ARTICLE 382 OF THE CRIMINAL CODE OF UKRAINE <i>Karpova N., Tokarieva K.</i>	308
--	-----

INFORMATION TECHNOLOGIES AND CHALLENGES FOR THE PROTECTION OF INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS: ADMINISTRATIVE AND LEGAL ASPECTS OF PROVISION <i>Malets M.R.</i>	325
--	-----

THE PROCEDURE FOR THE CONCILIATION OF THE PARTIES IN THE ADMINISTRATIVE COURT IN THE CONDITIONS OF EUROPEAN INTEGRATION OF UKRAINE <i>Slyvka M., Slyvka V.</i>	345
--	-----

**PART 5. THEORETICAL FOUNDATIONS OF PHILOLOGY,
PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY:
CHALLENGES OF TODAY**

MEDIA RELIGIOSITY AS A FACTOR OF POSTTRAUMATIC GROWTH <i>Kostruba N.</i>	362
--	-----

SEMANTIC ANALYSIS OF NEWS CODES AND MEDIA TOPICS <i>Balalaieva O.</i>	382
---	-----

LEXICAL AND GRAMMATICAL FEATURES OF WORD FORMATION OF NEOLOGISMS DURING THE PANDEMIC IN ENGLISH <i>Tepla O.</i>	405
--	-----

**PART 6. CONTENT AND STRUCTURE
OF SOCIAL RELATIONS**

СТРУКТУРНІ ФОНДИ ПОЛІТИКИ ЗГУРТУВАННЯ ЄС <i>Балак І.О.</i>	430
---	-----

PART 1. APPLIED SCIENCES IN MODERN REALITIES: PROBLEMS AND PROSPECTS

КОМПОЗИТ НА ОСНОВІ СИСТЕМ СОПОЛІМЕР – ЧЕРВОНИЙ ШЛАМ

Мельник Л.І.,
к.т.н., доц.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Анотація. Метою даної роботи була розробка композиційного матеріалу з полімерним зв'язуючим при підвищеній концентрації техногенної сировини – червоного шламу як наповнювача.

Досліджено вплив введення наповнювача – червоного шламу в великих концентраціях до водних дисперсій сополімерів; досліджені міцнісні характеристики отриманих композитних матеріалів; розглянуто можливість збільшення обсягів утилізації відходів виробництва глинозему – червоного шламу шляхом використання як наповнювача для виготовлення композиційного матеріалу; визначено склад композитів з різновидами сополімерів та показано особливості порової структури матеріалу як фактору формування його фізико-механічних та експлуатаційних властивостей.

Актуальність досліджень полягає у представленні комплексного вирішення питання розширення асортименту полімерних композитів та ресурсозбереження, екологічність сировини.

Аналітичне дослідження літературних матеріалів, дозволило детально дослідити властивості та методи отримання зразків композицій, для кращого розуміння полімерних матеріалів, які брали участь у дослідженні.

Ключові слова: композит полімерний, наповнювач, червоний шлам, порова структура, стирол-акрилат, кут змочування, властивості.

Abstract. The purpose of this work was the development of a composite material with a polymer binder with an increased concentration of man-made raw materials – red mud as a filler.

The influence of the introduction of a filler - red mud in large concentrations to aqueous dispersions of copolymers was studied; the strength characteristics of the obtained composite materials were investigated; the possibility of increasing the utilization of alumina production waste – red mud by using it as a filler for the production of composite material is considered; the composition of composites with various types of copolymers is determined and the features of the pore structure of the material as a factor in the formation of its physical, mechanical and operational properties are shown.

The relevance of the research is to present a comprehensive solution to the issue of expanding the assortment of polymer composites and resource conservation, environmental friendliness of raw materials.

Analytical research of literary materials allowed to investigate in detail the properties and methods of obtaining samples of compositions, for a better understanding of polymer materials that participated in the research.

Key words: composite polymer, filler, red mud, pore structure, styrene acrylate, contact angle, properties.

Вступ

В наш час підвищення цін нагадують про важливу роль, яку відіграють доступні продукти. Проблема утилізації відходів стала більш нагальною, ніж будь-коли. Червоний шлам (ЧШ) накопичується в розмірі 70 мільйонів тон у всьому світі. У звичайних умовах, коли 1 тонна глинозему виробляється з бокситів, у відходах утворюється приблизно однакова кількість червоного шламу (0,8-1,5 тон) [1]. Тому наступним аспектом є його повторне використання в якості сировини, або добавок для інших продуктів.

Існує кілька областей з використанням червоного шламу, зокрема:

1. Використання червоного шламу як сировини для виробництва будівельних матеріалів: дослідження можуть спрямовуватися на використання червоного шламу як домішки у цементній або гіпсовій матриці для створення нових матеріалів з покращеними властивостями, такими як міцність, стійкість до вогню або звукоізоляція.

2. Екологічно безпечне очищення води за допомогою червоного шламу: дослідження можуть фокусуватися на використанні червоного шламу як сорбенту для видалення забруднюючих речовин, наприклад, важких металів, з водних джерел. Це може бути ефективний і недорогий метод очищення води, що має великий потенціал у водопостачанні та сточних системах.

3. Використання червоного шламу для вирощування рослин: дослідження можуть вивчати можливість використання червоного шламу як добрива або субстрату для рослинного росту. Червоний шлам містить різноманітні мінерали та елементи, які можуть бути корисними для рослинного життя. Вивчення оптимальних концентрацій та методів застосування може допомогти встановити його ефективність як добрива.

4. Екстракція цінних металів з червоного шламу: дослідження можуть спрямовуватися на використання різних методів вилучення цінних металів, таких як залізо, алюміній, титан, з червоного шламу. Червоний шлам часто містить значну кількість цінних металів, і їх вилучення може бути економічно вигідним та екологічно сталим процесом.

5. Вплив червоного шламу на ґрунтову екосистему: дослідження можуть вивчати вплив залишків червоного шламу на розклад органічних матеріалів, фізичні властивості ґрунту та його життєдіяльність. Це може сприяти кращому розумінню можливих екологічних наслідків використання червоного шламу та розробленню стратегій для його ефективного використання.

Повідомлялося, що загальний обсяг червоного шламу в усьому світі становив майже 2500 мільярдів кг у 2012 році, а виробництво червоного шламу перевищує 70 мільйонів тон на рік [2]. Червоний шлам має високу лужність ($\text{pH} = 11,3 \pm 1,0$) для використання розчину гідроксиду натрію в процесі очищення [3]. Він набуває темно-червоного кольору, завдяки оксиду заліза. Наразі в усьому світі практикуються різні методи утилізації, включаючи захоронення, глибоководне захоронення та зберігання у відстійниках [4]. Однак ці методи призводять до втрати земельних ресурсів, а вартість обслуговування 7~15 доларів США за тонну є дуже високою. Більш серйозним є те, що вони можуть значно забруднювати навколишнє середовище та ґрунт через високу лужність і вимивання важких металів у ґрунтові підземними водами [5, 6].

Для того, щоб розробити різні економічно ефективні та екологічно чисті способи максимального використання червоного шламу, було зроблено багато спроб [7].

В роботі [8] наведено огляд можливих шляхів нейтралізації та переробки ЧШ з врахуванням їх переваг і недоліків з точки зору екологічних та економічних переваг. Крім того, пропонується застосування ЧШ в матеріалах основи доріг, що забезпечить його значне споживання [9].

На даний час червоний шлам в основному використовують для виробництва будівельних матеріалів.

Так в роботі [10] наведено результати досліджень силікатних систем з червоним шламом як техногенної сировини для виготовлення мінерального в'язучого матеріалу. Показано особливості хіміко-мінералогічного складу, фазових перетворень при випалі та в'язучих властивостей матеріалу при використанні червоного шламу в складі вихідних сировинних сумішей.

Невелика кількість, що не перевищує 15% червоного шламу, може бути використана для виробництва цегли та цементу, якщо взяти до уваги вміст радіонуклідів [11-13].

Його також можна використовувати як добавку для модуляції реологічної поведінки цементного розчину [14-16].

Кольоровий цементний розчин є різновидом розчину. Він широко використовується для заміни фарби та керамічної плитки для прикраси зовнішньої стіни будівлі. З метою коригування кольору будівельного розчину в процесі приготування зазвичай доводиться використовувати різний вміст пігментів, таких як оксид заліза, оксид марганцю, оксид хрому, охра та ультрамарин [17]. В роботі [18] розроблені та досліджені розчини на основі цементу з червоним шламом. Досліджені їх характеристики, такі як реологічна поведінка та вміст повітря у свіжому розчині, колір та міцність затверділого розчину, фазовий компонент, мікроструктура та характеристика вилугування затверділого розчину.

Бетон, що самоущільнюється, можна приготувати з червоного шламу як альтернативи пуцоланового матеріалу, і можна покращити механічні властивості бетону [19, 20].

Враховуючи дефіцит заліза в усьому світі, видобуток заліза з червоного шламу, особливо з отриманого в процесі Байєра, привертає велику увагу, оскільки залізо (20–54%) є його основною складовою. Так автори [21] вивчали придатність переробки цього матеріалу у процесі спікання єгипетської залізної руди. Досліджено вплив додавання різних кількостей ЧШ до агломераційної суміші (0-10 мас.%) на продуктивність процесу спікання, а також на хімічні, фізичні та механічні властивості отриманого агломерату. Результати показали, що збільшення кількості червоного шламу в суміші агломераційної шихти призводить до значного покращення міцності виробленого агломерату до досягнення максимуму при додаванні 7%, який після цього погіршується. Тим часом, завдяки дрібній природі ЧШ, збіль-

шення його вмісту в аглошихтовій суміші призводить до зниження швидкості процесу спікання, що відповідно впливає на продуктивність доменної печі. Найбільшу ефективність демонструє агломерат, отриманий з додаванням 3% червоного шламу. Ці результати вказують на доцільність повторного використання ЧШ у єгипетському процесі спікання залізної руди з кількістю не вище 3 мас.% від загальної кількості агломераційної суміші. А автори [22, 23] досліджували вилучення заліза з червоного шламу в процесі мікрохвильового воднево-плазмового реактора з використанням водню як відновника при низькій температурі 600-800 °С.

Крім видобутку заліза, червоний шлам розглядається як поліметалева сировина або штучна руда за появу в ньому різноманітних цінних металів, таких як титан, галій, германій, ванадій та рідкоземельні елементи [24]. Відновлення цих цінних металів із червоного шламу є потенційним вибором для вирішення дилеми дефіциту природних руд. Були зроблені спроби переробки цих цінних металів [25, 26]. Однак дуже низький вміст цінних металів заблокований у складних мінеральних фазах, тим часом дрібні частинки та висока лужність ускладнюють відновлення металу з червоного шламу. Крім того, червоний шлам можна використовувати для покращення якості ґрунту та збільшення утримування фосфору в піщаному ґрунті, а також застосовувати як поверхневий шар системи покриття звалища [27].

Крім того, [28] використовували червоний шлам в трансетерифікації тригліцеридів з метою визначення його життєздатності як основного каталізатора для використання в синтезі біодизеля. Досліджено вплив температури прожарювання на структуру та активність каталізаторів червоного шламу. Виявилось, що високоактивний каталізатор був отриманий шляхом простого висушування червоного шламу при 200°C. Використання червоного шламу як каталізатора для виробництва біодизеля не тільки забезпечує економічно ефективний і екологічно чистий спосіб переробки твердих відходів червоного шламу, значно зменшуючи його вплив на навколишнє середовище, але також знижує ціну біодизеля, щоб зробити біодизельне паливо конкурентоспроможним з нафтовим дизелем.

Багато авторів проводили дослідження з використання червоного шламу як сорбенту для видалення важких металів з водних розчинів. В їхньому дослідженні оцінювалася ефективність видалення металів, кінетика та механізм адсорбції червоним шламом. Зокрема в роботі [29] було проведено ряд експериментів з використанням не-

обробленого та спеченого ЧШ для видалення сульфідів з води. Він був високоефективним у видаленні сульфідів.

Дослідники [30] вивчали процеси реагентного очищення водних розчинів від сульфатів із використанням червоного шламу. Здатність алюмінату натрію висаджувати з розчину сульфати у вигляді сульфоалюмінатів кальцію була використана в роботі для очищення води від сульфат-аніонів. Процес проходить при обробці розчину шламом та суспензією вапна. Ступінь вилучення сульфатів з розчинів досягає 40–73%.

Автори [31] використовували червоний шлам для видалення Cr (III) із водного розчину та аналізували механізм видалення. Час видалення залежав від початкових концентрацій Cr (III), а різні активні компоненти діяли протягом різного періоду реакції.

Автори [32] узагальнили огляд літературних джерел в результаті якого було складено розширений перелік адсорбентів на основі червоного шламу та їх адсорбційну здатність для різних водних забруднювачів (іонів металів, барвників, фенольних сполук, миш'яку, фосфату, та інше).

Як відмічалось, червоний шлам був запропонований як наповнювач для полімерного армування або як дешевий адсорбент для видалення токсичних металів кількома дослідниками. Відомі розробки і дослідження які передбачають використання різноманіття відходів промисловості як наповнювачі для полімерних композитів, але вміст цих наповнювачів загалом не перевищує 20 мас. %, що є обмежувачим фактором при утилізації багатотоннажних відходів.

Вибір композиційного матеріалу для конкретного виробу визначається його експлуатаційними властивостями. Основними критеріями такого вибору є механічні, термічні та електричні характеристики, які обумовлюють широке використання композитів в різних галузях. Наповнювач надає композиційному матеріалові міцності, жорсткості, стабільності властивостей в певному температурному інтервалі. Крім того, при застосуванні як наповнювача сировини різного походження досягається можливість комплексного вирішення питань якості композитів і екології через підвищення ефективності використання природної сировини та збільшення обсягів утилізації відходів промисловості. В цьому зв'язку серед природної сировини привертає увагу червоний шлам.

В даній роботі розглянута можливість використання червоного шламу в якості наповнювача з його високим вмістом (до 95 мас.%),

а отже, можливість збільшення обсягів утилізації відходів виробництва глинозему.

В сучасному світі все частіше піднімається питання про екологічність матеріалів і тому великого поширення набувають композиції на основі водних дисперсій полімерів. Обов'язковим компонентом полімерної дисперсії є вода, як дисперсійне середовище. Тому в якості сополімеру були використані водна дисперсія стирол–бутадієну марки Latex 2012, а також водна дисперсія стирол-акрилату марки Latex DC 640.

Можливість розширення асортименту композиційних матеріалів при залученні в їх виробництво нових різновидів природної та техногенної сировини визначають актуальність даних досліджень.

1. Полімерні композиційні матеріали – постановка проблеми

В наш час в різних галузях виробництва використовуються багато композиційних матеріалів. Термін «композиційний матеріал» зустрічається в матеріалознавстві, літакобудуванні, ракетобудуванні, медицині, електроніці. Композити – це матеріали, які складаються з двох чи більше компонентів (наприклад армуючих елементів і скріплюючої їх матриці) і наділені властивостями, які відрізняються від сумарних властивостей компонентів [33]. При цьому, передбачається, що компоненти мають бути сумісними і не розчинятися або іншим способом не поглинати один одного.

Композити з полімерною матрицею являють собою матеріал, який складається з полімерної матриці, об'єднаної з волокнистою армуючою дисперсною фазою. Композити з полімерної матриці користуються великою популярністю завдяки своїм низьким витратам і простим способам виготовлення.

При створенні композиційного матеріалу, в якості матриці використовуються полімери різних типів: еластомери (вулканізований, натуральний, бутадієн-нітрильний, бутилкаучук і інші каучуки), термопласти (ароматичні і аліфатичні поліаміди, поліолефіни, фторопласти), а також реактопласти (амінопласти, фенопласти, поліефірні, епоксидні, кремнійорганічні і інші полімерні зв'язуючі). Додавання наповнювача до полімерної матриці дозволяє змінювати такі характеристики вихідного полімеру: механічні, електромагнітні, фізико-хімічні. А також, зменшувати вартість готового композиту в порівнянні з вартістю полімеру за рахунок використання більш дешевого, ніж полімер, наповнювача, наприклад крейди [33].

Добавки, наповнювачі та модифікатори використовуються для зміни та поліпшення фізико-механічних властивостей пластиків. Загалом, армуючі волокна збільшують механічні властивості полімерних композитів, тоді як конкретні наповнювачі різних типів збільшують специфічні модулі або характеристики [34]. Вплив різноманітних наповнювачів та добавок на властивості полімеру представлено в таблиці 1 [34].

Таблиця 1 – Вплив добавок та наповнювачів на властивості полімеру

Наповнювач/ добавка	Типові матеріали	Ефект на властивостях полімеру
Армуючі волокна	Вуглець, волокнисті мінерали, скло, кевлар	- Підвищення міцності на розрив; - Збільшення модулю згинання; - Підвищення температури вигину під навантаженням (HDT); - Стійкість до стиснення та викривлення.
Наповнювачі-провідники	Порошки алюмінію, вуглецеві волокна, графіт	- Покращує електричну та термічну провідність.
Зчіпні агенти	Силани, титанати	- Покращує сполучення між полімерною матрицею і волокнами.
Вогнезахисні добавки	Солі хлору, бром, фосфору, металів	- Зменшує ймовірність виникнення і поширення горіння.
Розширюючі наповнювачі	Карбонат кальцію, кремнезем, глина	- Зменшує вартість матеріалу.
Пластифікатори	Мономерні рідини, низькомолекулярні матеріали	- Покращують властивості розплаву - Підвищують гнучкість.
Барвники/ пігменти	Оксиди металів, хромати, сажі	- Забезпечує стійкість кольору; - Захищає від термічної та УФ деградації (з вуглецевою сажею)
Вибухові речовини	Газ, азосполуки, похідні гідрозину	- Формує клітинну форму для отримання матеріалу низької щільності.

Щодо модифікації властивостей полімерів, на електричні властивості можуть впливати багато наповнювачів. Наприклад, за допомогою додавання наповнювачів-провідників матеріалам можна надати властивості екранування електромагнітних хвиль, які зазвичай є поганими електричними провідниками. Антистатичні агенти можна використовувати для накопичення вологи, зменшуючи накопичення статичного заряду.

Адгезійні агенти додають для поліпшення склеювання пластичної матриці і армуючих волокон. Різні наповнювачі використовуються для зниження вартості матеріалів. Інші добавки включають антипірени для зниження ймовірності горіння, змащувальні речовини для зниження в'язкості розплавленого пластику, пластифікаторів для підвищення гнучкості матеріалів і барвників для забезпечення стійкості кольору.

Наповнювачі змінюють властивості і форму з'єднання речовини, до якої вони додаються. Якщо наповнювачі характеризуються низьким співвідношенням сторін між найдовшими і найкоротшими розмірами, основні властивості будуть менш змінені в порівнянні з основними властивостями полімеру без наповнювачів. Наповнювачі використовують в полімерній композиції для: зменшена усадка, покращення термостійкості, покращення міцності (особливо на стискання), підвищується стійкості до дії розчинників [34].

За способом виробництва полімери ділять на два класи: клас А – полімери, які отримують ланцюговою полімеризацією, а також клас Б – полімери, які отримують поліконденсацією і ступінчастою полімеризацією.

Синтетичні латекси представляють собою водні дисперсії синтетичних смол. Смола знаходиться в них в вигляді частинок розміром 0,05-5 мкм. Вода випаровується після нанесення латексів на поверхню і утворюється полімерна плівка. Латекси і емульсії мають невелику в'язкість, що дозволяє вводити до них велику кількість наповнювачів.

Латекси застосовуються для отримання герметиків, гідроізоляційних складів, в якості добавок в бетон, для виготовлення красок і т. д. [35].

Емульсійні фарби бувають водно-дисперсійні, водоемульсійні і фарби на основі полімерів (латексні, акрилові й полівінілацетатні – ПВА). Оскільки емульсійні фарби не містять у своєму складі органічних розчинників, вони нетоксичні, пожежобезпечні, стійкі до дії лугів, але не морозостійкі. Тому область їх використання обмежена:

ці фарби не підходять для нанесення на клейові фари і лакові поверхні.

Водно-дисперсійні або водоемульсійні фарби представляють собою емульсію полімерів у воді. Такі фарби відрізняє екологічна чистота і відносно висока швидкість висихання. Основна відмінність між ними полягає у тому, що водно-дисперсійна фарба володіє вологостійкістю (на відміну від неї, водоемульсійна фарба піддається змиванню). Крім того, водоемульсійна фарба може мати різні відтінки, а водно-дисперсійна – в основному тільки біла [36].

В сучасному світі все частіше піднімається питання про екологічність матеріалів і тому великого поширення набувають композиції на основі водних дисперсій полімерів. Обов'язковим компонентом полімерної дисперсії є вода, як дисперсійне середовище.

Щодо водорозчинних плівкоутворювачів, вони на відміну від попередньо згаданих водних дисперсій, є однофазними рівноважними системами. Водорозчинні лакофарбові матеріали є водними розчинами олігомерів, які в процесі формування плівки хімічно перетворюються з утворенням полімеру сітчастої будови. Особливою рисою цих матеріалів є використання методу електроосадження під час їх нанесення.

Структура водо- і органорозчинних алкідних олігомерів майже однакова. Відмінність полягає в тому, що водорозчинні алкідні олігомери мають нижчу молекулярну масу і більший вміст карбоксильних і гідроксильних груп. В якості самостійних незалежних плівкоутворюючих речовин використовуються водорозчинні алкідні олігомери, але в більшості випадків вони використовуються разом з іншими водорозчинними олігомерами: поліуретановими, фенол-формальдегідними, епоксидними карбамідо-, меламіноформальдегідними та іншими, які дають змогу отримати покриття з високими захисними, а також декоративними властивостями.

Найбільш часто використовуються алкідномеламінові водорозчинні матеріали, які утворюють хороші декоративні покриття при 130°C.

Водорозчинні алкідні олігомери, модифіковані епоксидними і фенол-формальдегідними олігомерами або ізоціанатами використовують для приготування ґрунтовок і емалей різного призначення.

Наповнювачі полімерних композиційних матеріалів – тверді, рідкі та газоподібні органічні і неорганічні речовини, які розподіляються в безперервній фазі полімеру (матриці) з утворенням гетерофазної системи з вираженою межею поділу фаз.

Наповнювачі вводять до складу композиції з метою створення нових полімерних матеріалів з комплексом цінних експлуатаційних властивостей; поліпшення технологічних властивостей наповнених полімерів; здешевлення матеріалів; утилізації відходів і вирішення екологічних завдань; отримання декоративних ефектів [37].

Наповнювач надає композиційному матеріалові міцності, жорсткості, стабільності властивостей в певному температурному інтервалі. Крім того, при застосуванні як наповнювача сировини різного генезису досягається можливість комплексного вирішення питань якості композитів і екології через підвищення ефективності використання природної сировини та збільшення обсягів утилізації відходів промисловості.

В цьому зв'язку серед природної сировини привертає увагу целоліт, а серед багатотоннажних відходів кольорової металургії – червоний шлам.

Великі обсяги накопичення червоного шламу створюють екологічну небезпеку, що підкреслює актуальність розробок по його утилізації з урахуванням фізико-хімічних властивостей та впливу на реологічні характеристики водних систем та властивості кінцевого продукту [38]. Тому наступним аспектом є їх повторне використання, після переробки, як добавка до інших матеріалів [38, 40].

Червоний шлам може бути описаний як мінеральні відходи виробництва, що складається з гематиту (Fe_2O_3), оксиду алюмінію (Al_2O_3), діоксиду кремнію (SiO_2), деяких діоксидів титану (TiO_2), гідроксиду натрію (NaOH) та інших залишкових мінералів.

Утилізація цих відходів є не тільки ефективним засобом зменшення антропогенного впливу на навколишнє середовище, але і представляється економічно привабливою, оскільки відмінною особливістю червоного шламу є значний вміст в них оксидів заліза (до 50%), рідкісних металів.

Чанг і Хашмі (1999 р.) намагалися поліпшити механічні властивості та властивості абразивного зносу полімерної суміші, наповненої червоним шламом. В даному дослідженні повідомляється про вплив вмісту частинок червоного шламу в системі на швидкість абразивного зношування поліпропілену та поліетилену низької щільності при низьких напруженнях на основі термічної стійкості заповненої суміші та мікроструктури поверхні зношених слідів; також, було виявлено, що модуль розтягування збільшується з додаванням частинок червоного шламу в даній системі [41].

Так автори [42] досліджували вплив червоного шламу на механічні властивості полімерних покриттів на основі епоксидного олігомеру і відмітили збільшення твердості та адгезійної міцності при збільшенні вмісту ЧШ.

Cremisini і інші [43] повідомили, що введення червоного шламу в поліуретанові покриття покращило механічні властивості, такі як міцність на розрив і подовження при розриві.

Однак при використанні ЧШ в полімерних захисних покриттях слід враховувати особливості його використання. Зокрема необхідна попередня обробка поверхні ЧШ для покращення дисперсії частинок в полімерних покриттях, тому використовують такі методи як хімічна модифікація або фізична обробка, наприклад ультразвуком або кульовим млином.

Обробка поверхні червоного шламу має вирішальне значення для досягнення гарної дисперсії та сумісності з полімерною матрицею. Кілька досліджень досліджували різні методи обробки поверхні, такі як обробка кислотою, обробка силаном і плазмова обробка для покращення дисперсії частинок червоного шламу в полімерних покриттях [44, 45].

Прадган у 1999 році повідомив що можна використовувати активований червоний шлам в якості хорошого адсорбенту для адсорбції фосфату або хрому. Крім того, відповідно до цієї роботи, механічні або термічні властивості полімерів зазвичай поліпшуються додаванням неорганічних наповнювачів. Завдання в області високоефективних органічних-неорганічних гібридних матеріалів полягають у тому, щоб отримати значне поліпшення міжфазної адгезії між полімерною матрицею і армуючим матеріалом, оскільки органічна матриця є порівняно не сумісною з неорганічною фазою [46]. Загалом, кращий міжфазний зв'язок буде надавати полімерній композиції більш високі властивості, такі як вищий модуль еластичності, міцність і жорсткість [47]. Ці підсилення полімеру, заповненого неорганічним матеріалом, багато в чому залежить від фізичного міжфазного явища між наповнювачем і матрицею. Це може визначати ступінь адгезії як фізичної взаємодії, наприклад активні функціональні групи, водневі зв'язки, поверхнева енергія та грані кристалітів на межі розділення поверхні наповнювача [48]. Щоб підвищити фізичну взаємодію, можуть бути застосовані різні методи обробки поверхні, такі як окислення в кислотних розчинах [49], сухе окислення в кисні [50], анодне окислення [51] і взаємодія з плазмою [52]. Модифікація поверхні

призводить до розвитку функціональної активності поверхні на поверхні наповнювача, що призводить до модифікації для досягнення міцнішої адгезії між армуванням і матрицею.

Використання пошарових неорганічних наповнювачів є звичайною практикою в промисловості пластмас для поліпшення властивостей термопластів. Вплив наповнювача на властивості композиційних матеріалів сильно залежить від його розміру, форми, характеристик поверхні і ступеня дисперсії. Полімерні композити, які виготовлені у поєднанні з органічним компонентом в якості матриці і неорганічним компонентом в якості наповнювача мають додаткові переваги, такі як можливість отримання матеріалу який має переваги обох матеріалів – органічних (легка вага, гнучкість, хороша формованість) і неорганічних матеріалів (наприклад, висока міцність, термостійкість, хімічна стійкість) [53].

Малооб'ємні добавки ($\leq 5\%$) наночастинок червоного шламу забезпечують поліпшення властивостей у порівнянні з відносно чистою гумою, які порівняні з тими які досягаються звичайним додаванням (15-40 %) традиційних наповнювачів.

Відома робота [54] в якій дослідження проводилась на системі епоксидна смола – червоний шлам. В ній розглядається вплив об'ємної частки наповнювача червоного шламу на ефективну теплопровідність композиційних матеріалів на основі епоксидних зв'язуючих. Цей клас композитів на епоксидній основі армований промисловими відходами, тобто червоним шламом, з вмістом наповнювача від 0 до 25%. В даному дослідженні автори порівнюють отримані значення з аналітично розрахованими. Але при цьому наводяться лише деякі фізичні властивості, а саме щільність, ефективна теплопровідність, а також морфологічна поведінка виготовлених зразків. В роботі зображена мікроструктура наповнювача, тобто червоного шламу, яка має еліптичну форму частинок. Також зображена морфологія поверхні отриманого композиту ЧШ-епоксидна смола, з вмістом наповнювача 25 об. %. З отриманого зображення зі сканувального електронного мікроскопу автори зробили висновок про рівномірний розподіл мікрочастинок в епоксидній смолі для виготовленого зразка.

В роботі [55] автори представили потенційне використання червоного шламу як наповнювача полімеру здатного до біорозкладання, а саме – полі(бутилен-адипат-со-терефталат) (PBAT) для підготовки екологічно чистих композиційних матеріалів. Вміст наповнювача був збільшений до 50 мас.%. При цьому вмісті реологічні властивості ком-

позитів такі як в'язкість, а також температура плавлення і кристалізації збільшувались, тоді як кристалічність дещо знижується зі збільшенням вмісту червоного шламу. Одержані композити, в майбутньому, планується використовувати в пакувальній промисловості. Слід зазначити, що фактична структура полімеру є випадковим співполімером адипінової кислоти, 1,4-бутандіолу та диметилтетрафталату. Саме це утруднює прогнозування утворення композиту та його властивостей.

Авторами [56] досліджено потенційне використання червоного шламу для синтезу неорганічних полімерних матеріалів за допомогою процесу геополімеризації. Основна увага приділялася виробництву неорганічних полімерних матеріалів, які могли бути використані в будівельному секторі як штучні структурні елементи, такі як масивні цеглини. Процес геополімеризації передбачає хімічну реакцію між розчином червоного шламу та силікатом лужних металів у високо-лужних умовах. Продукт цієї реакції являє собою аморфну до напівкристалічної полімерну структуру, яка пов'язує окремі частинки червоного шламу, перетворюючи вихідний гранульований матеріал в компактний і міцний. Досліджено вплив основних параметрів синтезу, таких як співвідношення твердість-рідина, каустична сода, концентрації розчинного кремнезему, а також додавання метакаоліну, на властивості неорганічних полімерних матеріалів на основі червоного шламу. Результати показали, що отримані матеріали мають високу міцність на стиск, дуже низьке водопоглинання, задовільну уявну щільність і відмінну вогнестійкість. Таким чином, ця робота показала, що неорганічні полімерні матеріали на основі червоних шламів мають перспективні властивості і мають потенціал використовувати їх як штучні структурні елементи в будівельному секторі.

Базуючись на економічних, а також екологічних питаннях, величезні зусилля були спрямовані у всьому світі на вирішення питань щодо поводження з червоним шламом, тобто його утилізація і зберігання. Різні шляхи використання червоного шламу є більш-менш відомими, але жодна з них досі не виявилася економічно життєздатною або комерційно здійсненою [57].

2. Матеріали і методи дослідження

Об'єктом дослідження став композиційний матеріал (КМ) на основі системи сополімер – наповнювач.

Як сополімер використовували водну дисперсію стирол-бутадієну марки Latex 2012 (Dow Chemical, Німеччина), а також водну дис-

персію стирол-акрилату марки Latex R161 (Dow Chemical, Німеччина). Характеристики цих сополімерів представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Характеристики сополімерів

Показники	Марка кополімеру	
	Latex 2012	Latex R161
Фізичний стан	Водна дисперсія	Водна дисперсія
Вмістом сухого залишку, %	51,0	56,0
pH	5,5	8,0
В'язкість (Brookfield), МПа·с	200	20
Температура (МТПУ), °C	< 5	< 1
Густина, кг/м ³	1015	-
Хімічний склад	Стирол-бутадієн	Стирол-акрилат

Як наповнювачі використовували червоний шлам ПАТ «Запорізький алюмінієвий комбінат» (Україна).

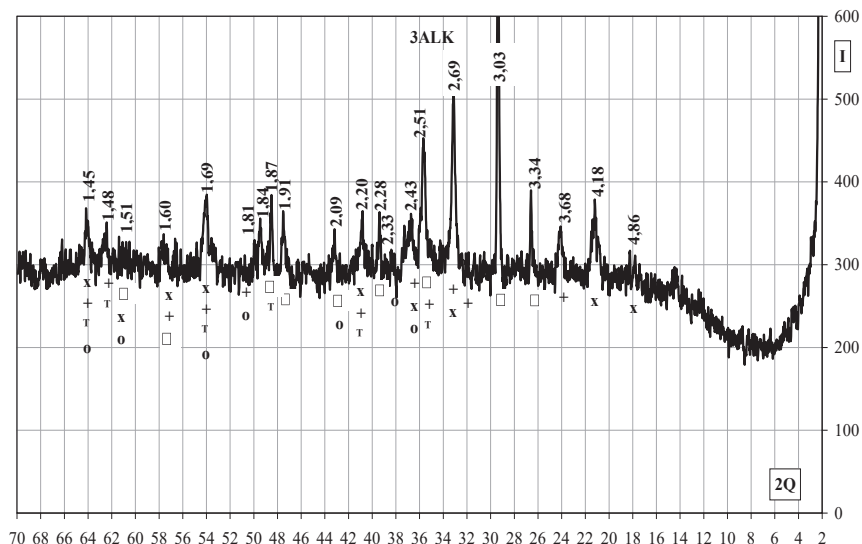
За хімічним складом червоний шлам характеризується високим вмістом Fe_2O_3 , TiO_2 , суми лужноземельних і лужних оксидів типу $\text{RO} + \text{R}_2\text{O} = 8,62$ мас.%. Хімічний склад червоного шламу представлений в таблиці 3.

Таблиця 3 – Хімічний склад наповнювача

Назва проби	Вміст оксидів, мас. %									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	в.п.п
Червоний шлам	7,10	16,60	50,00	5,28	6,34	0,18	0,11	2,10	–	11,70

Аналіз мінералогічного складу досліджуваної сировини, проведений з застосуванням дифрактометру ДРОН-3М, показав що проба

червоного шламу відзначається наявністю гетиту $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, гематиту Fe_2O_3 , гідраргіліту $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, рутилу TiO_2 і гільмениту FeTiO_3 (рисунок 1).



x – гетит; + гематит; τ – рутил; o – гідраргіліт.

Рисунок 1 – Дифрактограма проби червоного шламу ЗАЛК

На момент дослідження показників, які нас цікавлять стандартизованих методик для наповнених полімерних композицій ще немає. Тому за основу були прийняті методи визначення цих параметрів для бетонів. Наприклад, згідно [58] були визначені густина, водопоглинання та пористість.

3. Експериментальна частина

3.1. Технологія виготовлення композиційного матеріалу

Основою отримання композиційних матеріалів є процес змішування, тобто зменшення їх неоднорідності. В залежності від механізму виділяють диспергуюче та просте змішування. При простому змішуванні відбувається процес, результатом якого є збільшення випадковості просторового розподілу частинок. Розмір частинок залишається незмінним.

Диспергуюче змішування це процес, під час якого має місце збільшення хаотичності в розподілі частинок, а також зменшення їх розміру. Під час змішування порошкоподібних інгредієнтів, частим випадком є те, що порошки містять агломерати частинок, які є зв'язаними адсорбційними силами. Ці сили досягають значних величин і утворюють міцні зв'язки в агрегатах. Тому основна задача диспергуючого змішування полягає у зруйнуванні агрегатів і в рівномірному розподіленні його складових частинок по всьому об'ємові полімерної матриці.

Одним з визначальних факторів, який впливає на вибір технологічних прийомів та конструкцій змішувальних апаратів є в'язкість компонентів, які підлягають змішуванню, а отже й потрібною величиною швидкості обертання вузла змішувача. Саме цим і зумовлене існування різних конструкцій апаратів.

Беручи до уваги різну дисперсність вихідних матеріалів (червоний шлам та сополімер) та їх фізико-хімічні властивостями використовували кульовий млин.

Диспергація у кульовому млині забезпечується завдяки тертю, яке виникає в системі під час проходження її між рухомими кульками, або між ними та поверхнею кульового млина.

До переваг кульового млина відносяться його герметичність, простота обслуговування, а також легка заміна зношених робочих тіл.

Недоліками є сильний виробничий шум та мала продуктивність.

Технологія виготовлення композитного матеріалу складу сополімер-червоний шлам передбачала послідовне виконання певних дій, до яких відносяться: приготування наважки компонентів, змочування червоного шламу дисперсіями, спільне диспергування у кульовому млині, вилучення композиції у тару.

Описаний вище процес відбувається у закритому просторі і не шкодить навколишньому середовищу забрудненням. Всі завантажені речовини є компонентами отриманої композиції, тому ця технологія є безвідходною.

Час диспергування для композиції сополімер-червоний шлам становить 4 години для кожної концентрації наповнювача, яка становила 55, 75, 85 і 95 мас.% червоного шламу. Об'єм камери кульового млину дорівнює 0,4 л., швидкість обертання валків – 50 об/хв., маса зразку для однієї кожної з концентрацій становила 200 грамів.

Наступним етапом було утворення зразків методом пресування для проведення досліджень.

Для отримання зразків форми циліндру з діаметром 15 мм використовували метод пресування [59].

Пресування – це технологічним процес вигоблення виробів, який полягає у пластичній деформації матеріалу під час дії тиску із подальшою фіксацією форми виробів. Під час холодного пресування матеріал має здатність до пластичної деформації без нагрівання. Метод гарячого пресування, тобто формування у гарячій формі застосовується, коли нагрів є необхідним задля зниження в'язкості маси перед застосуванням тиску (таблиця 4).

Таблиця 4 – Технологічні параметри виготовлення композиту

Параметри	Показники		
	Тривалість	Температура	Інше
1. Диспергація всіх компонентів у кульовому млині - концентрація червоного шламу за сухим залишком	4 год	20-25 °C	55-95 мас. %
2. Формування заготовок та визрівання композиції	48 год	20-22 °C	-
3. Термічна обробка заготовок	1 год	80 °C	-
4. Пресування заготовок	5 хв	20-22 °C	7МПа 5 грам
5. Термічна обробка отриманих зразків	2 год	80-120 °C	-

Сформовані зразки підлягали подальшій термічній обробці з поступовим підвищенням температури до 120°C з кроком 10°C кожні 5 хв. та витримка при цій температурі 1 год. В ході формування зразків було використано холодне пресування.

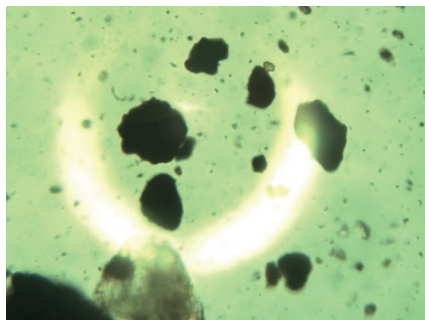
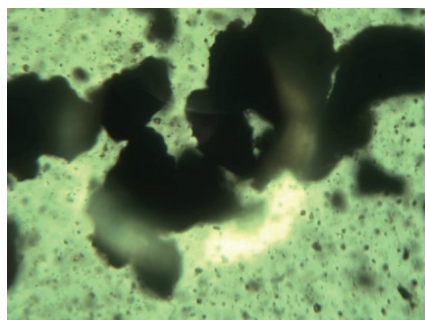
3.2. Дослідження властивостей червоного шламу

В ході роботи були проведені дослідження, які дали змогу зробити висновок про властивості червоного шламу, який в подальшому використовують в ролі наповнювача для виготовлення полімерних композиційних матеріалів. В таблиці 5 наведені дані властивостей червоного шламу.

Таблиця 5 – Властивості червоного шламу

Параметр	Показник
Насипна густина, г/см ³	0,582
Істинна пікнометрична густина, г/см ³	3,145
Загальна питома площа поверхні, м ² /г	
- Метод ПСХ [60]	12,30
- Метод БЕТ [61]	19,62
Розмір часток, мкм	
Без подрібнення	43,20
Після ультразвукового подрібнення	18,6

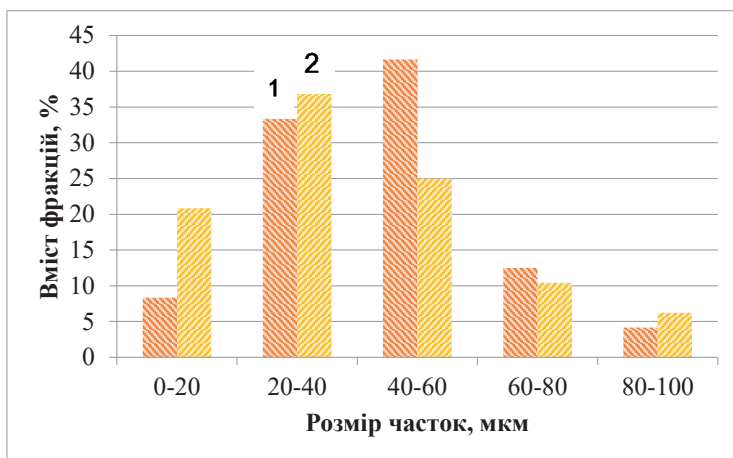
На рисунку 2 зображені частинки червоного шламу до і після ультразвукового подрібнення.



1
2
1 – частинки червоного шламу без подрібнення;
2 – після ультразвукового подрібнення

Рисунок 2 – Частинки червоного шламу

Для визначення розподілу частинок за розмірами необхідно використовувати методи, що дозволяють зібрати дані про розміри великої кількості частинок (зазвичай не менше 200 частинок) або маси фракцій, а потім обробити ці дані відповідно до законів статистики. Такими методами є: оптична і електронна мікроскопія, седиментація в гравітаційному і відцентровому полі та ін. Розподіл часок червоного шламу до і після ультразвукового подрібнення зображені на рисунку 3.



1 – до подрібнення; 2 – після подрібнення
Рисунок 3 – Гістограма розподілу фракцій матеріалу до і після ультразвукового подрібнення

3.3. Особливості процесів взаємодії в системі сополімер – червоний шлам

Взаємодію в системі сополімер – червоний шлам досліджували за допомогою інфрачервоної спектроскопії, що проводилась в діапазоні $4000 - 400 \text{ см}^{-1}$. Спектри записували на спектрофотометрі Nicolet 4700 FTIR.

За отриманими даними визначили, що основними мінералами шламу є гідроалюмосилікат натрію та каолінит.

Відповідно (рисунок 4, крива 3) за даними інфрачервоної спектрограми можна відмітити наявність в складі червоного шламу вміст гідроксильних груп, яким відповідає інтервал $3632 - 3457 \text{ см}^{-1}$. Вміст алюмінію в гідроксильній формі, що входять в склад гібситу $\text{Al}(\text{OH})_3$, яким відповідає смуга поглинання 537 см^{-1} . Також присутній каолінит $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, що підтверджує смуга поглинання при 1068 см^{-1} .

Із фаз, які містять залізо, відповідно до літературних джерел, можна припустити наявність гетиту та алюмогетиту. Ці речовини на ІЧ-спектрах важко виявити, оскільки їх смуги поглинання знаходяться в накладенні з вищевказаними фазами. Проте зі смуги поглинання 451 см^{-1} можна зробити висновок про наявність у дослідженого зразку червоного шламу сполук заліза.

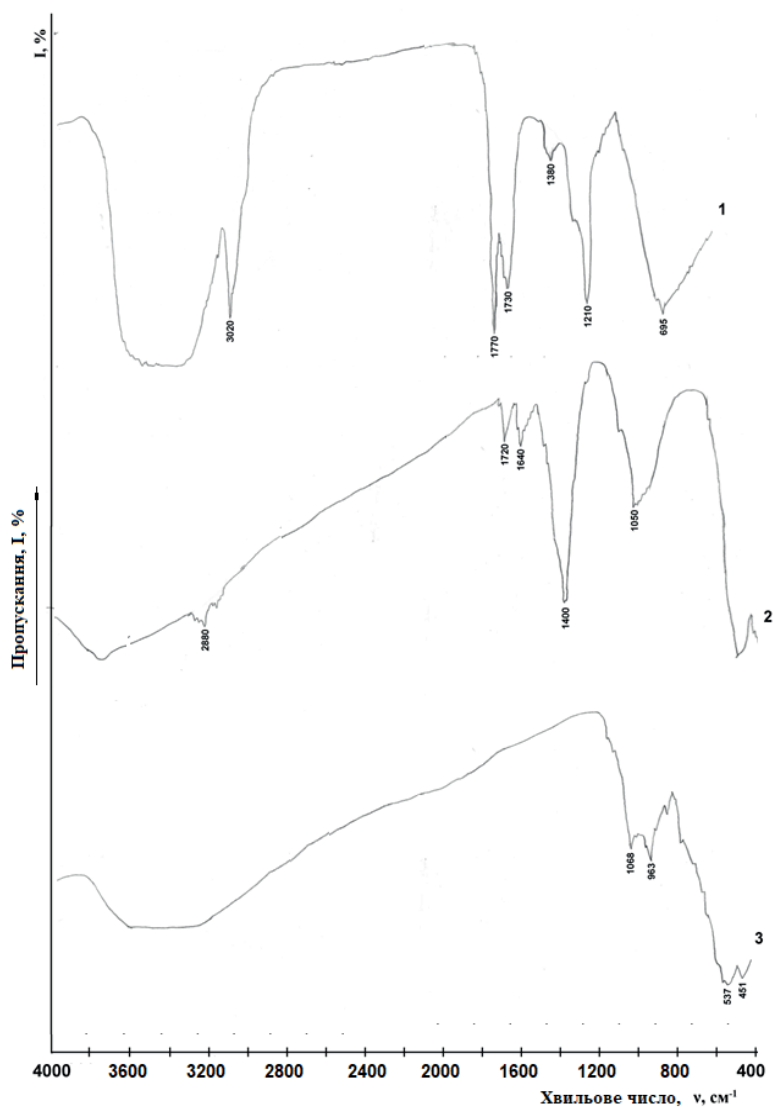
Що стосується ІЧ-спектру дисперсії Latex R161, яка є стирол-акриловою (рисунок 4, крива 1) присутні характерні смуги поглинання, які відповідають мономерним ланкам акрилату [40], які присутні при 1730 см^{-1} , що є результатом асиметричних і симетричних валентних коливань $\text{C}=\text{O}$ в карбоксильній групі. Валентні коливання $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ груп спостерігались на 1210 см^{-1} , а вібраційні коливання CH_2 групи були присутні при 1380 см^{-1} [62]. Смуга поглинання при 3020 см^{-1} підтверджує наявність бензольного кільця.

Раніше була описана методика якісного визначення стиролу [63] за інфрачервоними спектрами стиролвмісних полімерів. Відповідно до цієї методики, наявність смуги поглинання 695 см^{-1} в області «відбитків пальців» є інтегрованою характеристичною смугою для стиролу.

Щодо системи Latex R161 – червоний шлам (рисунок 4, крива 2), послаблення смуг поглинання при 1730 см^{-1} з подальшим зміщенням до 1640 см^{-1} підтверджує наявність взаємодії в системі.

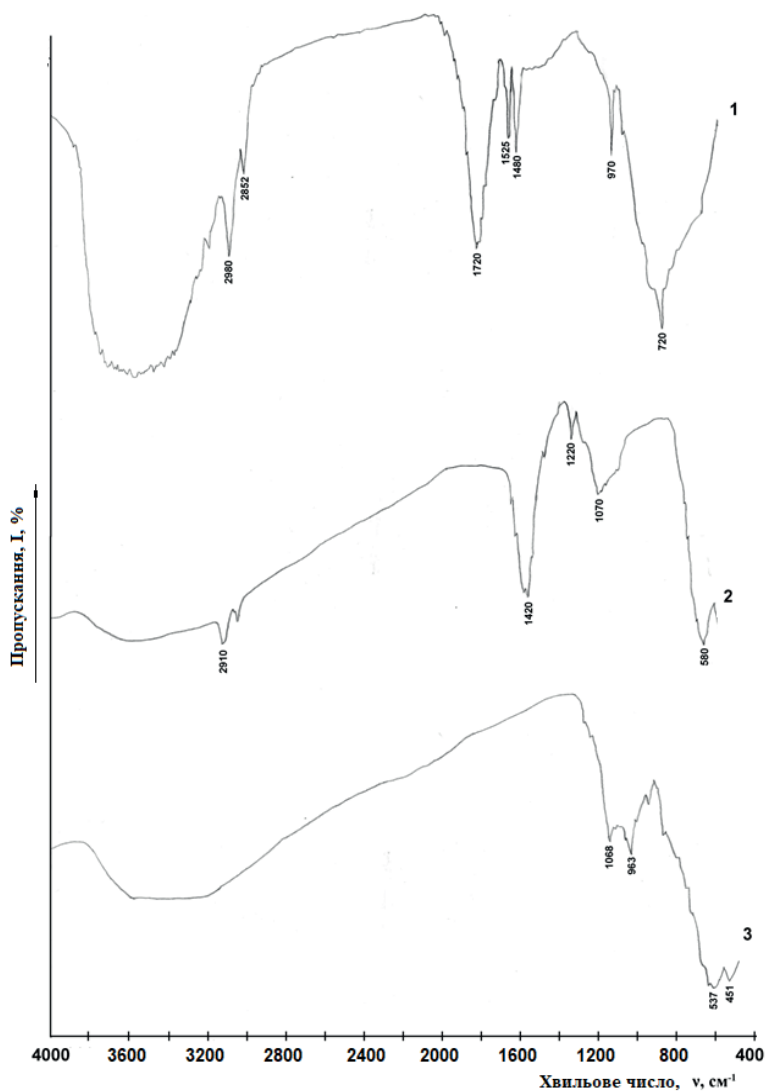
Щодо ІЧ-спектру стирол-бутадієнової дисперсії Latex 2012 (рисунок 5, крива 1), смуга поглинання при 2980 см^{-1} відповідає за $-\text{CH}-$ з'єднання в ароматичному кільці, а смуга поглинання при 1525 см^{-1} безпосередньо відповідає за наявність самого кільця. При смузі поглинання 2852 см^{-1} підтверджується наявність $-\text{CH}_2-$ групи, а при 1500 см^{-1} – наявність подвійного зв'язку у стиролу.

Для композиційного матеріалу (рис. 3.4 – крива 2) спостерігається зниження інтенсивності піку при 2980 см^{-1} з його зсувом до 2910 см^{-1} , та зникання піку при 1720 см^{-1} . Це підтверджує, що введення наповнювача червоного шламу до сополімеру Latex2012 супроводжується міжмолекулярною взаємодією.



1 – дисперсія Latex R161, 2 – композиційний матеріал (95 мас. % червоного шламу), 3 – червоний шлам.

Рисунок 4 – Дані інфрачервоної спектроскопії



1 – дисперсія Latex 2012,
2 – композиційний матеріал (95 мас. % червоного шламу),
3 – червоний шлам

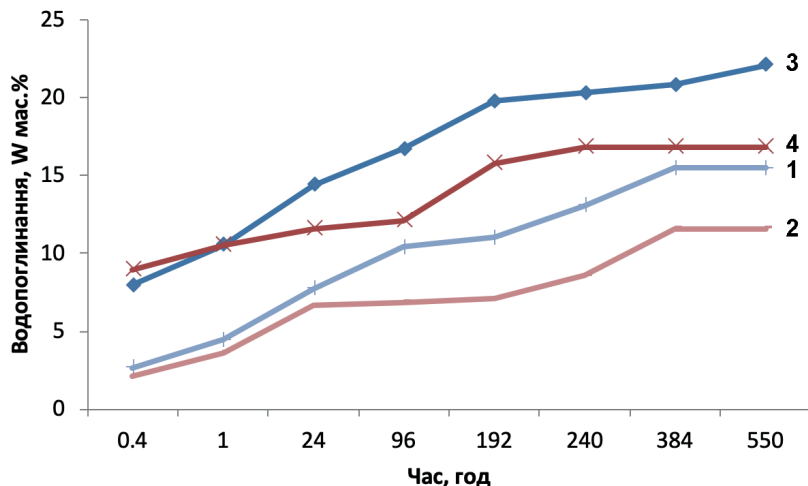
Рисунок 5 – Дані інфрачервоної спектроскопії

3.4. Експлуатаційні властивості композиції на основі системи сополімер-наповнювач

Серед показників, що найбільш ефективно характеризують експлуатаційні властивості композиційного матеріалу, який може використовуватись в якості захисного покрівельного матеріалу є визначення їх відношення до дії вологи, стираності та міцнісних характеристик.

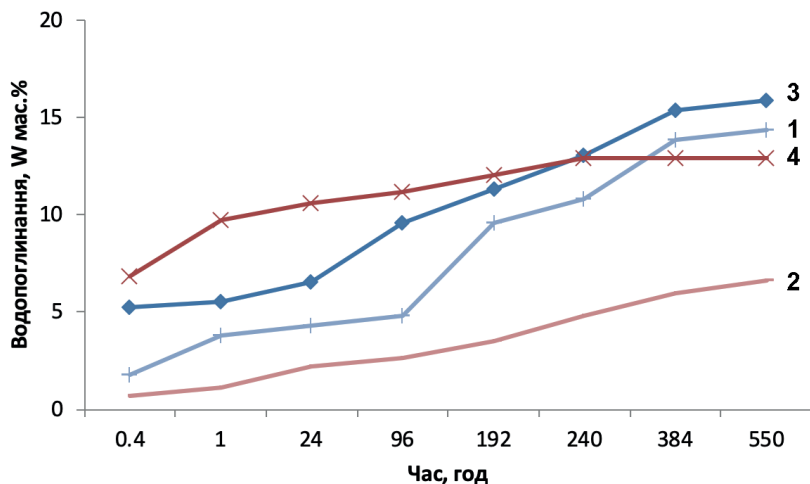
Важливою експлуатаційною характеристикою є водопоглинання отриманого композиційного матеріалу [64].

Цікаво було дослідити кінетику водопоглинання для досліджених систем (рисунок 6, 7).



Концентрації червоного шламу, мас. %: 1 – 55; 2 – 75; 3 – 85; 4 – 95.

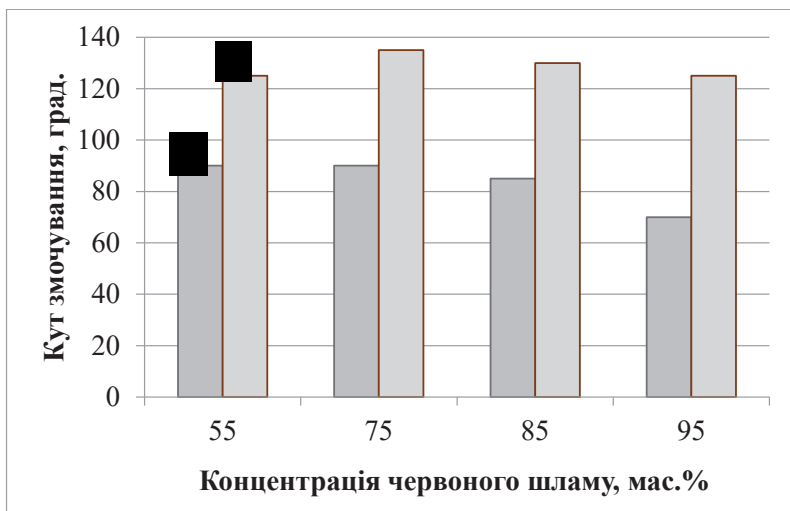
Рисунок 6 – Залежність водопоглинання від часу експозиції для системи сополімер Latex 2012-червоний шлам



Концентрації червоного шламу, мас. %: 1 – 55; 2 – 75; 3 – 85; 4 – 95.

Рисунок 7 – Залежність водопоглинання від часу експозиції для системи сополімер Latex R161-червоний шлам

Гідрофобність дослідних систем оцінювали за допомогою визначення кута змочування дослідних зразків з використанням оптичного мікроскопа з цифровою камерою Delta Optical HCDE-50 та програмним забезпеченням ScoreTek View. Відомо, що червоний шлам і водні дисперсії латексів обох видів мають високу гідрофобність. Тому слід очікувати, що покриття на їх основі теж будуть гідрофобними (рисунок 8). Його максимальні значення зафіксовані при концентраціях червоного шламу 55-75 мас. %.



1 – композиція з сополімером Latex 2012,
2 – композиція з сополімером Latex R161.

Рисунок 8 – Залежність кута змочування від концентрації наповнювача

Показники, наведені вище, можна регулювати в залежності від концентрації наповнювача.

Враховуючи широкі межі варіювання наповнювача (55-95 мас. %), одержані композиції повинні відрізнятися поровою структурою, оцінка якої здійснювалися за зміною водопоглинання, густини та пористості композитів в залежності від концентрації червоного шламу [58].

В таблиці 6 наведені дані щодо характеристики порової структури композиційних матеріалів системи сополімер-червоний шлам.

Показники відкритої пористості досягають мінімуму при концентрації червоного шламу 75 мас. %. Цей показник для системи на основі Latex 2012 становить 3,49 %, та для системи на основі Latex R161 – 0,98 %.

Таблиця 6 – Характеристика порової структури композиційних матеріалів системи сополімер – червоний шлам

Сополімер	Концентрація ЧШ, мас. %	Водопоглинання, мас.%, через			Параметри порової структури		Геометрична густина КМ, г/см ³	Відкрита пористість, %	Загальна пористість, %
		15 хв	1 год	24 год	α	λ			
Latex 2012	55	0,32	0,83	3,75	1,00	0,30	0,19	3,98	23,93
	75	0,35	0,78	3,23	0,60	0,70	0,11	3,49	10,71
	85	1,31	2,63	4,72	0,40	3,00	0,10	4,87	10,71
	95	1,33	2,87	5,02	0,18	1,40	0,07	5,32	8,57
Latex R161	55	0,47	0,87	1,04	0,60	0,25	0,15	1,12	11,79
	75	0,21	0,34	0,83	1,00	0,25	0,11	0,98	11,79
	85	1,68	1,68	2,95	0,43	0,20	0,10	3,02	9,64
	95	1,71	1,75	3,00	0,70	0,40	0,09	3,15	9,29

Очевидно також, що загальна пористість та розвиток її різновидів залежать від типу полімерного зв'язуючого. Так, в однаковому інтервалі змін концентрацій наповнювача $C_{\text{чш}}=55\text{--}95$ мас.% при використанні Latex R161 у порівнянні з Latex 2012 показники загальної пористості знаходяться на рівні 9,3–11,8 % проти 8,6–23,9 %, а відкритої пористості – на суттєво меншому рівні: 0,98–3,15 проти 3,49–5,32 %.

Висновки.

Розроблено склади композиційних матеріалів на основі водних дисперсій стирол-бутадієну марки Latex 2012 та стирол-акрилату марки Latex R161 при вмісті наповнювача 55-95 мас. %. – червоного шламу.

Розроблена технологія виготовлення зразків композиційного матеріалу, що включає в себе послідовне виконання наступних операцій: диспергування всіх компонентів у кульовому млині, формування заготовок та визрівання композиції, термічна обробка заготовок, пресування заготовок, термічна обробка отриманих зразків.

Досліджено властивості червоного шламу, зокрема пікнометрична густина складає 3,145 г/см³, загальна питома площа поверхні дорівнює 12,30 м²/г методом ПСХ та 19,62 м²/г за методом БЕТ.

Досліджено взаємодія в системах сополімерів-червоним шламом методом інфрачервоної спектроскопії.

Визначено вміст максимально сорбованої води, який становить 11 мас. % при концентрації наповнювача 75 мас. % для композиції з зв'язуючим Latex 2012 і 6 мас. % для зразків з сополімером Latex R161.

Система зі зв'язуючим Latex R161 має значно кращі гідрофобні властивості – кут змочування перевищує 120 град для всіх дослідних зразків.

При використанні Latex R161 у порівнянні з Latex 2012 показники загальної пористості знаходяться на рівні 9,3–11,8 % проти 8,6–23,9 %, а відкритої пористості – на суттєво меншому рівні: 0,98–3,15 проти 3,49–5,32 %.

Встановлено, що розроблений композит відзначається наступними фізико-механічними характеристиками: міцність при стиску – понад 17 МПа; стійкість до стирання – 0,005–0,025 г/см². Для порівняння, у керамічній плитці цей показник дорівнює 0,08 г/см², а для лінолеуму 0,06 г/см².

Література:

1. Liu RX, Poon CS (2016) Utilization of red mud derived from bauxite in self-compacting concrete. *Journal of Cleaner Production* 112: 384-391.
2. Kounalakis P, Aravossis K, Karayianni C (2016) Feasibility study for an innovative industrial red mud utilisation method. *Waste Management & Research* 34: 171-175.
3. Gräfe M, Power G, Klauber C (2011) Bauxite residue issues: III. Alkalinity and associated chemistry. *Hydrometallurgy* 108: 60-79.
4. Liu XM, Zhang N, Yao Y, et al. (2014b) Micro-structural characterization of the hydration products of bauxite-calcination-method red mud-coal gangue based cementitious materials. *Journal of Hazardous Materials* 262: 428-438.
5. Mayes WM, Jarvis AP, Burke IT (2011) Dispersal and attenuation of trace contaminants downstream of the Ajka bauxite residue (red mud) depository failure, Hungary. *Environmental Science & Technology* 45: 5147-5155.
6. Winkler D (2014) Collembolean response to red mud pollution in Western Hungary. *Applied Soil Ecology* 83: 219-229.
7. Yang Y, Wang XW, Wang MY (2015) Recovery of iron from red mud by selective leach with oxalic acid. *Hydrometallurgy* 157: 239-245.

-
8. Yancun Qi The neutralization and recycling of red mud – a review (2021) *Journal of Physics: Conference Series* doi: 10.1088/1742-6596/1759/1/012004.
 9. Mukiza E., Zhang L.L., Liu X., and Zhang N. (2019) Utilization of Red Mud in Road Base and Subgrade Materials: A Review. *Resources, Conservation and Recycling* 141, 187-99. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.10.031.
 10. Черняк, Л., Дорогань, Н., Аникина, М. (2019) Використання червоного шламу для виготовлення мінерального в'язучого матеріалу. Будівельні матеріали та вироби, (1-2(100), 32-35. <https://doi.org/10.48076/2413-9890.2019-100-04>.
 11. Liu XM, Zhang N (2011). Utilization of red mud in cement production: A review. *Waste Management & Research* 29: 1053-1063.
 12. Liu Q, Xin RR, Li CC (2013) Application of red mud as a basic catalyst for biodiesel production. *Journal of Environmental Sciences* 25: 823-829.
 13. Somlai J, Jobbag V, Kovacs J, et al. (2008) Radiological aspects of the usability of red mud as building material additive. *Journal of Hazardous Materials* 150: 541-545.
 14. Gu H, Wang N, Liu S (2012) Radiological restrictions of using red mud as building material additive. *Waste Management & Research* 30: 961-965.
 15. Senff L, Modolo RCE, Silva AS, et al. (2014) Influence of red mud addition on rheological behavior and hardened properties of mortars. *Construction and Building Materials* 65: 84-91.
 16. Pontikes Y., and Angelopoulos G.N. 2013. Bauxite Residue in Cement and Cementitious Applications: Current Status and a Possible Way Forward. *Resources, Conservation and Recycling*, 73, 53-63. doi: 10.1016/j.resconrec.2013.01.005.
 17. Marmol I, Ballester P, Cerro S (2010) Use of granite sludge wastes for the production of coloured cement-based mortars. *Cement and Concrete Composites* 32: 617-622.
 18. Xiaojie Yang, Jianfeng Zhao, Haoxin Li, Piqi Zhao, and Qin Chen (2017) Recycling red mud from the production of aluminium as a red cement-based mortar. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*. Volume 35, Issue 5, <https://doi.org/10.1177/0734242X16684386>.
 19. Liu RX, Poon CS (2016) Utilization of red mud derived from bauxite in self-compacting concrete. *Journal of Cleaner Production* 112: 384-391.

-
20. Sai P.S., Pradesh A., Sukesh C., and Pradesh A. (2017) Strength Properties of Concrete by Using Red Mud as a Replacement of Cement with Hydrated Lime. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 8(3), 38-49.
 21. Ahmed Abdelazim Khalifa, Vladimir Bazhin, Kuskova Yana, Ahmed Abdelrahim, Yasser Momtaz Zaki Ahmed (2021) Study the Recycling of Red Mud in Iron Ore Sintering Process. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 191-201 <https://doi.org/10.12911/22998993/137966>.
 22. Bhoi, B., Rajput P., and Mishra C.R. (2012) Processing of Red Mud by Low Temperature Microwave Hydrogen Plasma for Production of Iron: An Eco-Friendly Technology. *Processing of Red Mud by Low Temperature Microwave Hydrogen Plasma for Production of Iron: An Eco-Friendly Technology*, 19, 79-684.
 23. Agrawal S., Rayapudi V., and Dhawan N. (2018) Microwave Reduction of Red Mud for Recovery of Iron Values. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 3(4), 427-43. doi: 10.1007/s40831-018-0183-3.
 24. Qu Y, Li H, Tian WJ (2015) Leaching of valuable metals from red mud via batch and continuous processes by using fungi. *Minerals Engineering* 81: 1-4.
 25. Economou-Eliopoulos M, Frei R, Megremi I (2016) Potential leaching of Cr (VI) from laterite mines and residues of metallurgical products (red mud and slag): An integrated approach. *Journal of Geochemical Exploration* 162: 40-49.
 26. Kounalakis P, Aravossis K, Karayianni C (2016) Feasibility study for an innovative industrial red mud utilisation method. *Waste Management & Research* 34: 171-175.
 27. Ujaczki É, Feigl V, Molnár M (2016) The potential application of red mud and soil mixture as additive to the surface layer of a landfill cover system. *Journal of Environmental Sciences* 44: 189-196.
 28. Liu Q, Xin RR, Li CC (2013) Application of red mud as a basic catalyst for biodiesel production. *Journal of Environmental Sciences* 25: 823-829. doi: 10.1016/S1001-0742(12)60067-9.
 29. Sheng Y, Sun Q, Sun R, Burke IT, Mortimer RJ. (2016) Use of bauxite residue (red mud) as a low cost sorbent for sulfide removal in polluted water remediation. *Water Sci Technol.*;74(2):359-66. doi: 10.2166/wst.2016.211.

-
30. Гомеля, М.Д., Крижановська, Я.П., Шаблій, Т.О. (2021). Оцінка ефективності використання червоного шламу при очищенні води від сульфатів. Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, (1), 55-62. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2021.228141>.
 31. Qi X, Wang H, Zhang L, Xu B, Shi Q, Li F. *Chemosphere* (2020) Removal of Cr (III) from aqueous solution by using bauxite residue (red mud): Identification of active components and column tests. *Apr*;245:125560. 10.1016/j.chemosphere.2019.125560.
 32. Bhatnagar A, Vilar VJ, Botelho CM, Boaventura RA (2011) A review of the use of red mud as adsorbent for the removal of toxic pollutants from water and wastewater. *Environ Technol.* 32(3-4): 231-49. doi: 10.1080/09593330.2011.560615.
 33. Карпинос Д. М. Композиционные материалы / Д. М. Карпинос. – Київ: Наукова думка, 1985. – 592 с.
 34. Johnson L. Additives, fillers, and reinforcements / L. Johnson. – Santa Clara: Santa Clara University, 2010.
 35. Синтетические смолы (полимеры) [Електронний ресурс] // GardenWeb – Режим доступу до ресурсу: <http://gardenweb.ru/sinteticheskie-smoly-polimery>.
 36. Wanchao Liu, Jiakuan Yang, Bo Xiao (2009) Review on treatment and utilization of bauxite residues in China. *International Journal of Mineral Processing.* 93(3-4): 220-231.
 37. R. Ayres, J. Holmberg, B. Andersson (2001) Materials and the global environment: Waste mining in the 21st century. *High Thermal Conductivity Materials.* 26(6): 477-480.
 38. L. Senff, RCE Modolo, AS Silva (2014) Influence of red mud addition on rheological behavior and hardened properties of mortars. *Construction and Building Materials.* 65: 84-91.
 39. Grjotheim K., Welch. B. J (1998) *Aluminium Smelter Technology: A Pure and Applied Approach.* Verlag: Dusseldorf, – 2nd ed.
 40. P. Kasliwal, P. Sai (1999) Enrichment of titanium dioxide in red mud: a kinetic study. *Hydrometallurgy.* 53: 73.
 41. N. Chand, S. Hashmi (1999) Effect of Red Mud Addition on Abrasive Wear Rate of Isotactic Polypropylene/Low Density Polyethylene Blend under Low Stress Conditions. *J Sci Ind.* 795: 58.
 42. Wang, Li & Sun, Ning & Tang, Honghu & Sun, Wei. (2019). A Review on Comprehensive Utilization of Red Mud and Prospect Analysis. *Minerals.* 9. 362. doi: 10.3390/min9060362.

-
43. Brunori, Claudia & Cremisini, Carlo & Massanisso, Paolo & Pinto, Valentina & Torricelli, Leonardo. (2005). Reuse of a treated red mud bauxite waste: Studies on environmental compatibility. *Journal of hazardous materials*. 117. 55-63. doi: 10.1016/j.jhazmat.2004.09.010.
 44. Mengfan Wang, Xiaoming Liu (2021) Applications of red mud as an environmental remediation material: A review, *Journal of Hazardous Materials*/ 408: 124420. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.124420.
 45. Chen, X.; Guo, Y.; Ding, S.; Zhang, H.; Xia, F.; Wang, J.; Zhou, M. (2019) Utilization of red mud in geopolymer-based pervious concrete with function of adsorption of heavy metal ions. *J. Clean. Prod.*, 207, 789-800. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.09.263.
 46. J. Pradhan, S. Das, R. Thakur (1999) Adsorption of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution by Using Activated Red Mud. *Colloid Interface Sci.* 217: 137.
 47. T. Agag, T. Koga, T. Takeichi (2001) Studies on thermal and mechanical properties of polyimide-clay nanocomposites. *Polymer*. 3399: 42.
 48. S. Park, M. Kim (2000) Effect of acidic anode treatment on carbon fibers for increasing fiber - matrix adhesion and its relationship to interlaminar shear strength of composites. *J Mater Sci.* 1901: 35.
 49. J. Donnet, R. Bansal. *Carbon Fibers*. New York: Dekker, 1990. – 2nd ed.
 50. L. Yuan, S. Shyu, J. Lai (1991) Plasma surface treatments on carbon filbers. II. Mechanical property and interfacial shear strength. *J Appl Polym Sci.* 2525: 42.
 51. Y. Ishikawa, Y. Matsumoto (2001) Electrodeposition of TiO₂ photocatalyst into nano -pores of hard alumite. *Electrochem Acta.* 2819: 46.
 52. N.Dilsiz, E. Ebert, W. Weisweiler, G. Akovali (1995) Effect of plasma Polymerization on Carbon Fibers Used for Fiber/Epoxy Composites. *Colloid Interface Sci.* 241: 170.
 53. C. Shao, H. Kim, J. Gong (2003) Fiber mats of poly(vinylalcohol)/silica composite via electrospinning. *Materials Letters*. 57: 9-10.
 54. Johan Banjare, Yagya Kumar Sahu, Alok Agrawal, Alok Satapathy (2014) Physical and Thermal Characterization of Red Mud Reinforced Epoxy Composites: An Experimental Investigation. *Procedia Materials Science*. 5: 755-763.

-
55. L. Liu, Y.Zhang, F. Lv, B. Yang and X. Meng (2016) Effects of red mud on rheological, crystalline, and mechanical properties of red mud/PBAT composites. *Polymer Composites*. 37: 2001-2007. – doi:10.1002/pc.23378.
 56. Dimas Dimitrios D., Giannopoulou Ioanna P. & Panias Dimitrios (2009) Utilization of alumina red mud for synthesis of inorganic polymeric materials. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review An International Journal*. 30(3): 211-239.
 57. Bhat A., Abdul Khalil H.P.S., Banthia A. (2011) Polymer based Modified Red Mud. *Composites Materials*. doi: 10.5772/14377.
 58. ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності.
 59. Мельник Л., Черняк Л., Свідерський В., Оверченко Ж. (2019) Комплексне застосування мінеральної сировини та полімерів для виготовлення композитів. *Scientific letters of academic society of Michal Baludansky* 7(2): 106-113.
 60. А.Д. Петухов, Л.І. Мельник, Є.О. Пашенко (2006) Спеціальні розділи технології переробки полімерів. Вхідний контроль сировини та напівфабрикатів при переробці полімерів: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. К.: НТУУ «КПІ». 56 с.
 61. Адсорбция, удельная поверхность, пористость: Пер. с англ. А.П. Карнаухова / Под ред. Грег С., Синг К. – М.:Мир, 1984. 310 с.
 62. Yakovleva Yu.A., Barykin N.A., Eltsov O.S. (2016) Identification of the monomeric composition of poly(styrene)acrylates. *Chimica TechnoActa.*; 3(3): 193-212. doi: 10.15826/chimtech.2016.3.3.014.
 63. TianyuGuo, Junlong Song, Yongcan Jin (2019) Thermally stable and green cellulose-based composites strengthened by styrene-co-acrylate latex for lithium-ion battery separators. *Carbohydrate Polymers*. 206: 801-810.
 64. Мельник Л.І., Оверченко Ж.В., Чашка-Ратушний В.П. (2019) Використання червоного шламу в якості наповнювача композиційних полімерних матеріалів. *Наукові відкриття та фундаментальні наукові дослідження: світовий досвід: зб. наук. праць «ΛΟΓΟΣ» з матеріалами міжнар. наук.-практ. конф.* Т.5: 83.