

DOI: 10.31617/2.2024(52)06
УДК 676.16:667.6

КАРАВАЄВ Тарас,

д. т. н., професор, професор кафедри
товарознавства та митної справи
Державного торговельно-економічного
університету
вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна
t.karavayev@knute.edu.ua

KARAVAYEV Taras,

Doctor of Sciences (Technical), Professor,
Professor of Department of Commodity
Science and Customs Affairs
State University of Trade and Economics
19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine
ORCID: 0000-0003-4429-2474

ДОМАШЕВСЬКИЙ Митрослав,

магістр, аспірант кафедри
товарознавства та митної справи
Державного торговельно-економічного
університету
вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна
m.domashevskyy@knute.edu.ua

DOMASHEVSKYI Myroslav,

Master, PhD student of Department
of Commodity Science and Customs Affairs
State University of Trade and Economics
19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine
ORCID: 0000-0003-0506-1913

МОДИФІКАЦІЯ ЦЕЛЮЛОЗНИХ ТА МІНЕРАЛЬНИХ НАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Для отримання високоякісних матеріалів та виробів різного призначення необхідно забезпечити ефективне управління складними фізико-хімічними процесами, що відбуваються на межі контакту під час формування структури матеріалів. Однією з ключових складових композиційних матеріалів, зокрема лакофарбових, є наповнювачі, які займають більшу частину об'єму цих матеріалів і значно впливають на їхню структуру та властивості. Взаємодія між полярними та неполярними фазами, а також вплив поверхневої енергії на фізико-механічні властивості композитів потребують подальших досліджень для створення стабільних та високоефективних систем. Метою статті є підбір гідрофобізаторів для проведення модифікації мінеральних та біосировинних, зокрема целюлозних, наповнювачів задля ефективного введення останніх у лакофарбові композиції, в тому числі на основі біополімерних плівкоутворювачів. Гіпотезою є припущення про придатність вітчизняних мінеральних дисперсних наповнювачів та біосировинних, у тому числі целюлозних

MODIFICATION OF CELLULOSE AND MINERAL FILLERS FOR PAINT AND VARNISH MATERIALS

To obtain high-quality materials and products for various purposes, it is necessary to ensure effective control of the complex physical and chemical processes that occur at the interface during the formation of the material structure. One of the key components of composite materials, such as coatings is fillers, which occupy most of the volume of these materials and significantly affect their structure and properties. The interaction between polar and non-polar phases, as well as the effect of surface energy on the physical and mechanical properties of composites, require further research to create stable and highly efficient systems. The aim of the article is to select water-repellents for modification of mineral and bio-based fillers, including cellulose, to ensure their effective incorporation into paint compositions including based biopolymer binders. The hypothesis assumes the suitability of Ukrainian mineral dispersed fillers and bio-based, including cellulose fillers. The researched materials include commercially available grades, as well as fillers obtained on



Copyright © Автор(и). Це стаття відкритого доступу, яка розповсюджується на умовах ліцензії Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

наповнювачів. Досліджені матеріали містять комерційно доступні марки, а також отримані на основі відходів меленої кави наповнювачі для застосування в тонкошарових лакофарбових матеріалах за гранулометричними параметрами, а також після проведення необхідного модифікування їх поверхні з метою забезпечення кращої сумісності з плівкоутворювачами (насамперед біополімерними) у структурі покриття. Використано оптичну мікроскопію, гранулометричний аналіз, визначення кутів змочування. Встановлено, що стеаринова кислота успішно модифікувала карбонат кальцію, досягнувши кута змочування 135° . Діатоміт, оброблений гідрофобізатором XIAMETER PMX-0156, показав максимальний кут змочування в 147° , а кавовий жмих після обробки гідрофобізатором Dynasylan 1175 – 151° . Для целюлозних наповнювачів найкращим гідрофобізатором виявився XIAMETER MHX-1107, ефективний без термічної обробки, тоді як для кавового жмиху необхідна термічна обробка для оптимальної модифікації. Визначено оптимальні гідрофобізатори та умови обробки для таких біосировинних наповнювачів, як кавовий жмих і целюлозні волокна. У результаті після хімічної модифікації силановими сполуками та термічної обробки отримано наповнювачі з високими гідрофобними властивостями, що робить їх перспективними для використання у рецептурах біосировинних покриттів.

Ключові слова: мінеральні наповнювачі, біосировинні наповнювачі, хімічна модифікація, кавовий жмих, целюлозні волокна.

JEL Classification: L60, L70, L80.

Вступ

Наповнювач – це дисперсний матеріал, розподілений у матриці, що використовується для зниження собівартості матеріалу або для поліпшення його технічних та/або оптичних характеристик (Gysau, 2019).

Для отримання високоякісних матеріалів та виробів різного призначення необхідно забезпечити ефективне управління складними фізико-хімічними процесами, що відбуваються на межі контакту під час формування структури матеріалів (Lebedev et al., 2023). Однією з ключових складових композиційних матеріалів є наповнювачі, які займають більшу частину об'єму цих матеріалів і значно впливають на їхню структуру та властивості (Yadav et al., 2023).

Фізико-механічні характеристики композиційних матеріалів можна покращити завдяки використанню наповнювачів, які можуть бути як мінерального походження (наприклад, карбонат кальцію у формі крейди або дробленого мармуру, тальк, слюда, воластоніт тощо), так і синтетичними (технічний вуглець, синтетичний кремнезем, тригідрат алюмінію) (Adegbola et al., 2020).

the basis of ground coffee waste for use in thin-layer coating materials according to granulometric parameters, as well as after the necessary surface modification to ensure better compatibility with film formers (primarily biopolymers) in the coating structure. Optical microscopy, granulometric analysis, and determination of contact angles were used in the study. It was established, that stearic acid successfully modified calcium carbonate, achieving a wetting angle of 135° . Diatomaceous earth treated with XIAMETER PMX-0156 showed a maximum wetting angle of 147° , and coffee cake after treatment with Dynasylan 1175 showed 151° . For cellulosic fillers, XIAMETER MHX-1107 proved to be the best water repellent, effective without heat treatment, while spent coffee grounds required heat treatment for optimal modification. The research has established the optimal hydrophobic agents and processing conditions for bio-based fillers such as coffee cake and cellulose fibers. As a result, after chemical modification with silane compounds and heat treatment, fillers with high hydrophobic properties were obtained, which makes them promising for use in bio-based coating formulations.

Keywords: mineral fillers, bio-based fillers, chemical modification, coffee grounds, cellulose fibers.

Проведені попередні дослідження дали змогу вибрати найбільш придатні мінеральні наповнювачі українського виробництва для застосування у складі лакофарбових матеріалів (ЛФМ) (Караваєв, 2010).

Особливо ефективним для підвищення механічної міцності є використання волокнистих наповнювачів, наприклад, скляного та вуглецевого волокна, які, втім, не можуть бути включені до циркулярних матеріалів, оскільки їх виробництво має значний карбоновий слід. Водночас натуральні волокна, зокрема рослинні та целюлозні, виступають найпоширенішими біонаповнювачами, що використовуються для армування різних полімерних матриць (Zhao et al., 2022).

Наповнювачі можуть бути активною складовою наповнених полімерних композицій і суттєво впливають не тільки на фізико-хімічні та технологічні властивості останніх (твердість, міцність, теплопровідність, теплостійкість, стійкість до дії агресивних середовищ; діелектричні, фрикційні та інші властивості), але й на процеси структуроутворення. Механізм взаємодії полімеру-плівкоутворювача з наповнювачем визначається хімічною природою цих матеріалів та характером поверхні наповнювача (Свідерський, Караваєв, 2012; Караваєв та ін., 2012).

Такий широкий вибір дає змогу підібрати матеріали з необхідними характеристиками для конкретних застосувань. У роботі зосереджено увагу на наповнювачах, які найкраще відповідають вимогам щодо поліпшення функціональних та механічних властивостей композиційних матеріалів (Караваєв, 2014).

Воластоніт завдяки відносно високому співвідношенню сторін і твердості здатний поліпшити міцність на розрив і вигин полімерних композитів (Chan et al., 2019). Діатоміт, в свою чергу, широко застосовується в антикорозійних захисних покриттях та з метою надання матовості поверхні (Vesely et al., 2010), тоді як мармур використовується для підвищення довговічності фарби та покращеної стійкості до УФ-випромінювання (Tressmann et al., 2020; Караваєв, 2015).

Один з найбільш популярних біонаповнювачів – целюлоза – поліпшує тиксотропні властивості покриття (Calovi & Rossi, 2023), а використання обробленого кавового жмиху не лише сприяє утилізації відходів харчової промисловості, але й поліпшує реологічні властивості покриття, знижуючи їхню щільність та підвищуючи біосумісність.

Модифікація гідрофільно-гідрофобних властивостей наповнювачів за допомогою фізико-хімічних методів надає можливість значно впливати на процеси, які відбуваються на межі поділу фаз між наповнювачем та матрицею, що, своєю чергою, визначає ступінь збільшення міцності композиту (Terzić et al., 2017; Караваєв, Свідерський, 2012).

Проте зазначені питання вимагають наукових досліджень, особливо в контексті систематичного підбору та застосування гідрофобізаторів для мінеральних і біосновних наповнювачів. Взаємодія між полярними та неполярними фазами, а також вплив поверхневої енергії на фізико-механічні властивості композитів потребують подальших досліджень для створення стабільних та високоефективних систем.

Метою статті є підбір гідрофобізаторів для проведення модифікації мінеральних та біосновних, зокрема целюлозних, наповнювачів для ефективного введення останніх у лакофарбові композиції, у тому числі на основі біополімерних плівкоутворювачів.

Відповідно, завдання роботи включали підготовку та характеризацію біосновних та мінеральних наповнювачів з використанням оптичної мікроскопії та гранулометричного аналізу; хімічну модифікацію наповнювачів гідрофобізаторами різного складу; визначення кутів змочування поверхонь модифікованих наповнювачів перед та після термічної обробки, оцінку ефективності модифікації.

Гіпотезою є припущення про придатність вітчизняних мінеральних дисперсних наповнювачів та біосновних, у тому числі целюлозних наповнювачів. Досліджені матеріали містять комерційно доступні марки, а також отриманий на основі відходів меленої кави наповнювач для застосування в тонкошарових лакофарбових матеріалах за гранулометричними параметрами. Після проведення необхідного модифікування їх поверхні забезпечено кращу сумісність з плівкоутворювачами (насамперед біополімерними) у структурі покриття.

У результаті перевірки гіпотези очікується отримати гранулометричний склад ряду вітчизняних та референтних імпортованих мінеральних наповнювачів, целюлозних матеріалів, включаючи продукт обробки відходів меленої кави. З використанням модифікаторів з діапазоном функціональності буде здійснено підбір найбільш ефективних пар наповнювач-модифікатор для подальшого використання в складі біосновних композитів.

1. Матеріали і методи дослідження

Використано біосновні наповнювачі – целюлозні волокна TECHNOCCEL 500 з середньою довжиною волокон 500 мкм та діаметром 25 мкм, мікроцелюлоза та оброблений кавовий жмих. Для порівняння застосовано популярні мінеральні наповнювачі для покриттів – воластоніт (Nordkalk FW-200), діатоміт (OpTiMat, Imerys), дроблений мармур (Normcal 2, Somcalcite), каолін Просянівський марок КНФ-86 та КВФ-90, карбонатний наповнювач для норпластів – КНН (ТОВ "СІС "Сода").

Як кавовий жмих використано продукт помелу кавового жмиху після промивання ізопропіловим спиртом для повного видалення жирних кислот та інших домішок із наповнювача. Цей крок не є обов'язковим для термічної обробки, але дає змогу вилучити речовини, які можуть використовуватися у косметичці (Lourith et al., 2022). Кавовий жмих термічно оброблено при температурі 400 °С протягом 1 години у муфельній печі. Після чого відбувалося розмелювання в бісерному млині при швидкості 3000 об/хв протягом 5 хв.

Поверхня целюлозних і мінеральних наповнювачів містить активні функціональні групи, здатні до ван-дер-Ваальсівської та водневої взаємодії з полімерними матрицями. Оскільки полярність (воднева та полярна взаємодії) останніх значно нижча від полярності біосновних і

мінеральних наповнювачів, вона має бути знижена шляхом модифікації гідрофобізаторами для забезпечення рівномірного розподілу в матриці.

Як модифікатори наповнювачів використано такі гідрофобізатори: N-вінілбензил-N'-аміноетил-3-амінопропілполісилоксан (гідрохлорид) (Dynasylan 1175, Evonik) далі "1175", поліметилгідрогенсилоксан (XIAMETER MNX-1107 Fluid 30, Dow) далі "1107", полідиметилсилоксановий полімер з реакційноздатною силанольною функціональністю (XIAMETER PMX-0156 Silanol Fluid), далі "0156", 3-амінопропілтриетоксисилан (Dynasylan AMEO, Evonik), далі "AMEO" та стеаринову кислоту. Вибір такого широкого переліку модифікаторів зумовлено відмінностями хімічного складу функціональних груп на поверхні наповнювачів.

Модифікацію наповнювачів проведено таким чином. У 3 мас. % розчини модифікаторів в ізопропанолі додано по 1 г наповнювача та витримано при кімнатній температурі 24 год у герметичних ємностях. Далі розчин декантовано, а наповнювач промито розчинником на воронці Бюхнера. Як розчинник для модифікаторів 1175, 1107, 0156, AMEO використано ксилол, а для розчинення стеаринової кислоти – ізопропіловий спирт. Термічну обробку модифікованих наповнювачів проведено в сушильній шафі при температурі 130 °C протягом 3 год для хімічного закріплення силанових модифікаторів (1175, 1107, 0156, AMEO).

Фото оптичної мікроскопії одержано за допомогою оптичного мікроскопу та цифрової камери. Гранулометричний аналіз проведено згідно зі стандартом ISO 13322:2021 (Particle size analysis – Image analysis methods) з використанням фото оптичної мікроскопії.

Кути змочування водою визначено методом сидячої краплі за допомогою оптичного мікроскопа та цифрової камери. Краплі наносилися на поверхню мікропіпеткою у п'яти різних точках на поверхні зразка.

2. Результати дослідження

2.1. Аналіз вихідних наповнювачів

Результати аналізу фото оптичної мікроскопії (рис. 1) показали, що форма частинок для мінеральних наповнювачів є різною. Воластоніт має голкоподібну форму зі співвідношенням $l/d = 2.8$, мармур – псевдокубічну форму частинок, а діатоміт – вигляд циліндрів. Гранулометричний склад для цих наповнювачів також відрізняється (рис. 2): середній розмір частинок діатоміту становить 7.8 мкм, для дробленого мармуру – 4 мкм, а для воластоніту – 75 мкм.



Діатоміт

Дроблений мармур

Воластоніт

Рис. 1. Фото оптичної мікроскопії мінеральних наповнювачів (збільшення 40×)

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень.

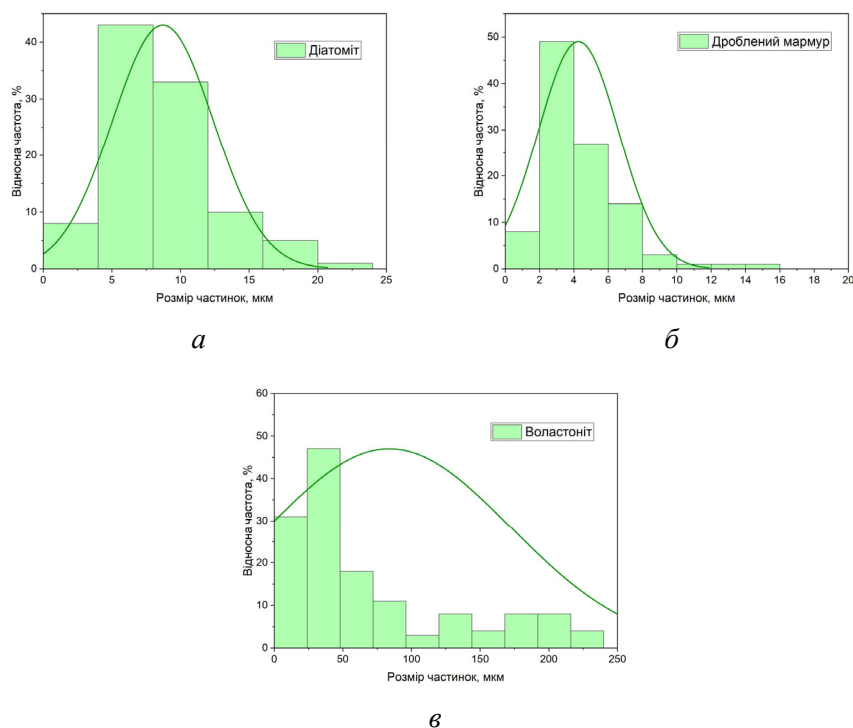


Рис. 2. Гранулометричний склад неорганічних наповнювачів:
а – діатоміт; б – дроблений мармур; в – воластоніт

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень.

Результати аналізу фото оптичної мікроскопії вітчизняних мінеральних наповнювачів, а саме каолінів марок КНФ-86, КВФ-90 та карбонатного наповнювача для норпластів (КНН) свідчать, що каоліни мають частинки пластинчастої неправильної форми, а карбонатний наповнювач – псевдокубічну форму частинок (рис. 3). Гранулометричний склад для каолінових наповнювачів є приблизно рівним – середній розмір частинок становить 4–5 мкм. Середній розмір частинок карбонатного наповнювача становить 3.5 мкм (рис. 4).

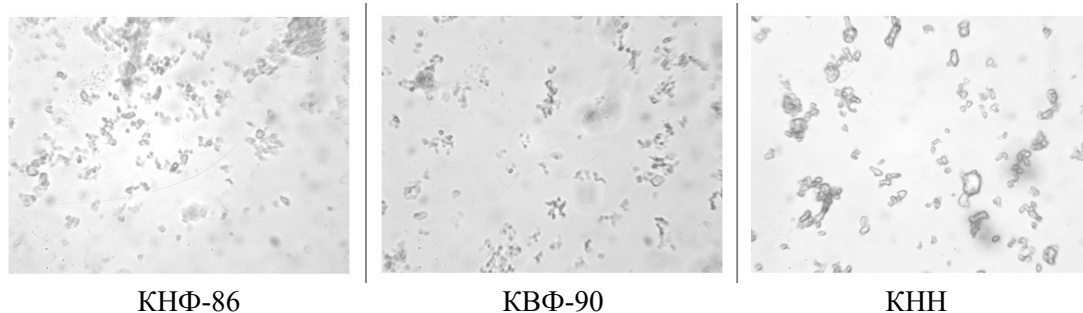


Рис. 3. Фото оптичної мікроскопії мінеральних наповнювачів України
(збільшення 40×)

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень.

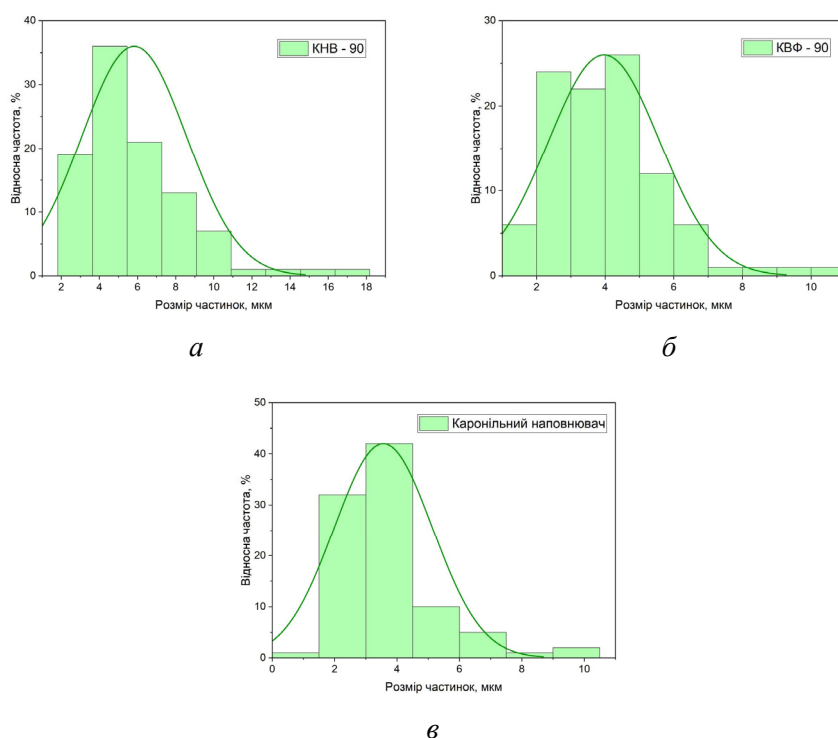


Рис. 4. Гранулометричний склад мінеральних наповнювачів України:
а – КНФ-86; б – КВФ-90; в – карбонатний наповнювач КНН

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень

Розміри частинок для вихідного кавового жмиху становлять 15 мкм (рис. 5 та рис. 6), що є зівставним із розміром частинок для мінеральних наповнювачів. Після термічної обробки спостерігається утворення агломератів з середнім розміром частинок 20–25 мкм, але після помелу середній розмір частинок зменшується до 7 мкм.

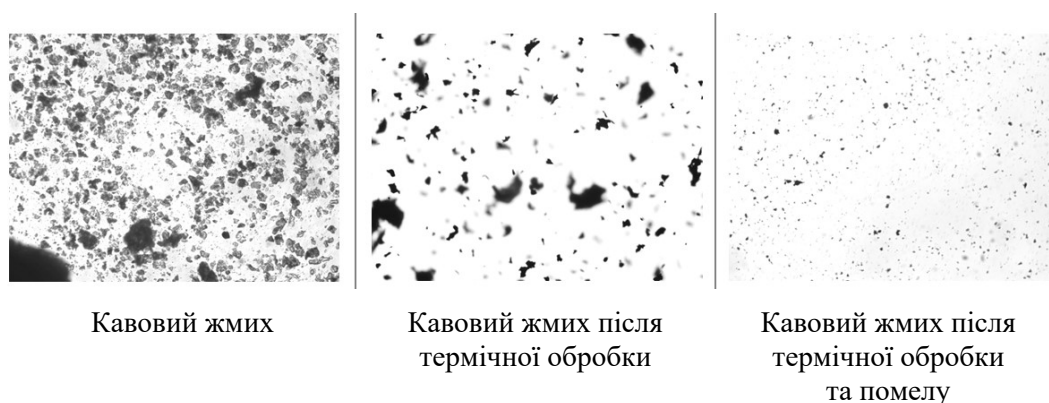


Рис. 5. Фото оптичної мікроскопії наповнювачів на основі кави (збільшення 10×)

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень.

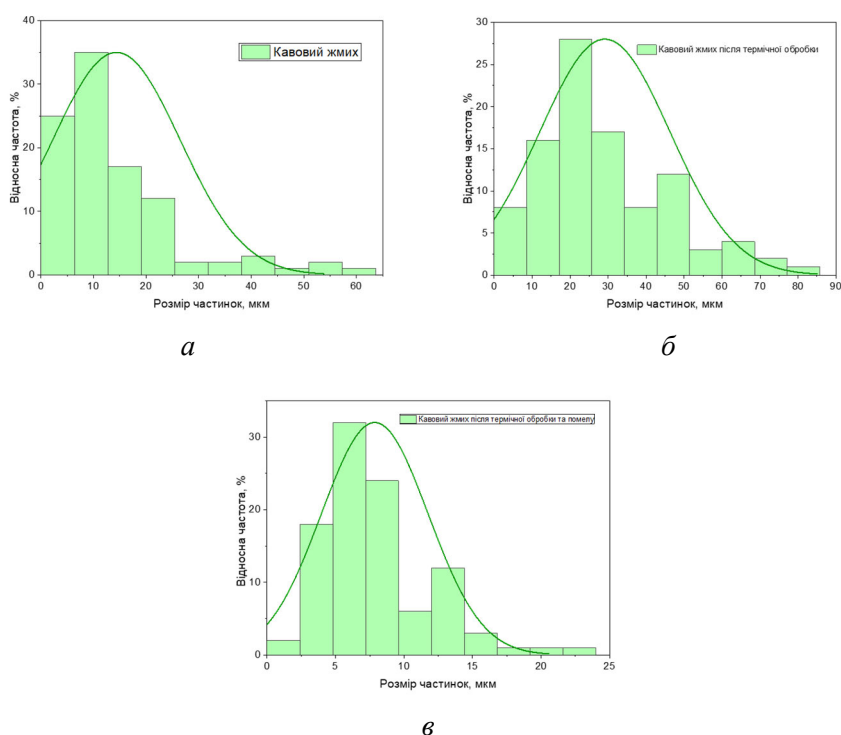


Рис. 6. Гранулометричний склад наповнювачів на основі кави:
 а – кавовий жмих; б – кавовий жмих після термічної обробки;
 в – кавовий жмих після термічної обробки та помелу

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень.

Целюлозні наповнювачі відрізняються наявністю волокон у складі (рис. 7). Причому середня довжина волокон становить 150–190 мкм (рис. 8). Мікроцелюлоза також складається з волокон, але середня довжина волокон становить до 10 мкм, що є зіставним з довжиною кристалів воластоніту.

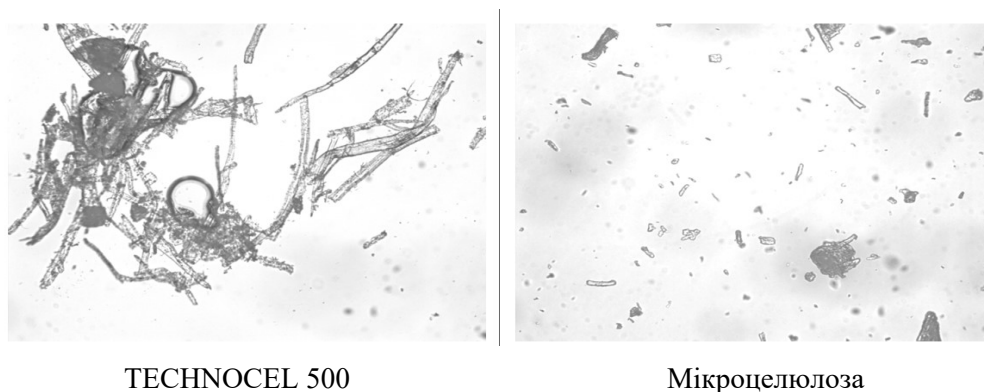


Рис. 7. Фото оптичної мікроскопії наповнювачів на основі целюлозних волокон (збільшення 10×)

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень.

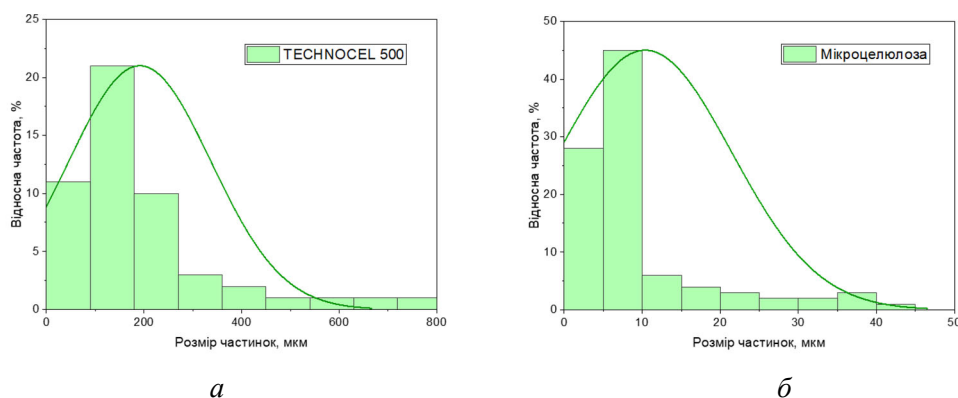


Рис. 8. Гранулометричний склад наповнювачів на основі целюлозних волокон: *a* – Technocel 500; *б* – Мікроцелюлоза

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень

2.2. Хімічна модифікація наповнювачів

Проведено обробку наповнювачів для зниження полярності їх поверхні завдяки хімічній обробці кремнійорганічними модифікаторами (гідрофобізаторами) до термічної обробки (*табл. 1*) та після термічної обробки (*табл. 2*).

Таблиця 1

Кути змочування модифікованих зразків наповнювачів перед термічною обробкою

Наповнювач	Модифікатор				
	Стеаринова к-та	1175	1107	0156	АМЕО
Карбонат кальцію	135°	0°	0°	0°	0°
Воластоніт	0°	0°	127°	126°	0°
Діатоміт	0°	0°	127°	144°	0°
Каолін КНФ-86	0°	0°	0°	0°	0°
Каолін КВФ-90	0°	0°	145°	0°	0°
Карбонатний наповнювач для норпластів	136°	0°	0°	0°	0°
TECHNOCEL 500	0°	112°	131°	93°	101°
Кава після термічної обробки	0°	137°	124°	128°	110°

Джерело: складено авторами за підсумками власних досліджень.

Успішна модифікація карбонату кальцію була можлива лише стеариновою кислотою, яка є популярним модифікатором для цього наповнювача. У результаті вдалося досягти значення кута змочування

до 135°. Використання силанових модифікаторів не призводить до отримання гідрофобності, а кут змочування виміряти неможливо, оскільки відбувається капілярне всмоктування води.

Таблиця 2

Кути змочування модифікованих зразків наповнювачів після термічної обробки

Наповнювач	Модифікатор				
	Стеаринова к-та	1175	1107	0156	АМЕО
Карбонат кальцію	-	0°	0°	0°	0°
Воластоніт	-	117°	137°	124°	0°
Діатоміт	-	141°	151°	147°	0°
Каолін КНФ-86	-	0°	140°	0°	0°
Каолін КВФ-90	-	0°	140°	0°	0°
Карбонатний наповнювач для норпластів	-	0°	0°	0°	0°
TECHNOCEL 500	-	126°	129°	107°	123°
Кава після термічної обробки	-	135°	138°	144°	132°

Джерело: складено авторами за підсумками власних досліджень.

Найвищі показники кута змочування спостерігаються у діатоміту, обробленого гідрофобізатором 0156, зі значенням 144°. Для целюлозного волокна та воластоніту максимальні кути змочування зафіксовані після застосування гідрофобізатора 1107. Обробка кавового жмиху гідрофобізатором 1175 призвела до досягнення кута змочування в 137°. Обробка каолінів марок КНФ-86 та КВФ-90 була вдалою лише з модифікатором 1107 для наповнювача КВФ-90.

Діатоміт, оброблений гідрофобізатором 0156, демонструє кут змочування 147°, тоді як для гідрофобізатора 1175 цей показник становить 151°. Для воластоніту, після обробки гідрофобізатором 1107, кут змочування збільшився на 10°, тоді як для целюлозного волокна значних змін не відбулося. Кавовий жмих після обробки гідрофобізатором 0156 показав суттєве збільшення кута змочування до 144°. Термічна обробка каолінів КНФ-86 та КВФ-90 для модифікатору 1107 дала змогу отримати значення кута змочування 140°, однак модифікація іншими речовинами була невдалою.

У результаті встановлено, що найкращим гідрофобізатором для целюлозних наповнювачів є 1107 поліметилгідроген силоксан, причому модифікація може проходити і без додаткової термічної обробки. Для гідрофобізації переробленого кавового жмиху найбільш оптимальним є полідиметил силоксановий полімер з реакційноздатною силанольною функціональністю, але для повноцінної модифікації необхідна термічна обробка (табл. 3).

Кути змочування для оптимальних модифікаторів

Наповнювач	Модифікатор	Необхідність термічної обробки	Кут змочування
Карбонат кальцію	Стеаринова кислота	-	135°
Воластоніт	XIAMETER MHX-1107 Fluid 30	+	137°
Діатоміт	XIAMETER MHX-1107 Fluid 30	+	151°
Каолін КНФ-86	XIAMETER MHX-1107 Fluid 30	+	140°
Каолін КВФ-90	XIAMETER MHX-1107 Fluid 30	-	145°
Карбонатний наповнювач для норпластів	Стеаринова кислота	-	136°
TECHNOCEL 500	XIAMETER MHX-1107 Fluid 30	-	131°
Кава після термічної обробки	XIAMETER PMX-0156 Silanol Fluid	+	144°

Джерело: складено авторами за підсумками власних досліджень.

Таким чином, для всіх досліджуваних наповнювачів обрано відповідні модифікатори, які надають можливість суттєво знизити полярність їх поверхні, тобто досягти гідрофобності. Це підтверджується високими (вище 90°) значеннями кутів змочування і вказує на підвищення придатності таких наповнювачів до використання в полімерних композитах, а саме – в питанні сумісності з середньо- та низькополярними матрицями, які використовують для одержання лакофарбових матеріалів. Також такі наповнювачі є перспективними до використання у складі біосновних покриттів. У випадку целюлозних – вони повністю складаються з відновлюваної сировини і ідентифікуються як органічні складники з високим вмістом C¹³, тобто біосновні. Мінеральні ж не містять органічних складових, тож не впливають на концентрацію цього ізотопу.

Висновки

Здійснено успішний вибір модифікаторів поверхні – гідрофобізаторів для різних целюлозних і мінеральних наповнювачів лакофарбових матеріалів.

Діатоміт, оброблений гідрофобізатором XIAMETER PMX-0156, показав максимальний кут змочування в 147°, а кавовий жмх після обробки гідрофобізатором Dynasylan 1175 – 151°. Для целюлозних наповнювачів найкращим гідрофобізатором виявився поліметилгідроген силоксан XIAMETER MHX-1107, ефективний без термічної обробки, тоді як для кавового жмху необхідна термічна обробка для оптимальної модифікації.

Показано, що для таких наповнювачів на основі рослинної сировини, як целюлозні волокна та кавовий жмих при використанні кремнійорганічних гідрофобізаторів можливо досягнення кутів змочування на рівні 130–140 °, що свідчить про повну гідрофобізацію.

Для мінеральних наповнювачів – карбонату кальцію, каолінів, воластоніту та діатоміту з мікророзмірними частинками кути змочування після гідрофобізації становлять 135–151°. При цьому кожному з наповнювачів відповідає певний найбільш ефективний гідрофобізатор внаслідок відмінностей складу поверхневих функціональних груп.

Для кожної пари наповнювач-гідрофобізатор досліджено оптимальні умови модифікації у сенсі температурних режимів. Показано, що деякі з пар (карбонатні наповнювачі – стеаринова кислота, каоліни обох марок та целюлозні волокна і поліметилгідрогенсилоксан) не потребують додаткової термічної обробки для закріплення модифікатора на поверхні.

Таким чином, підтверджено гіпотезу про те, що досліджені вітчизняні мінеральні дисперсні та біосновні наповнювачі, в тому числі целюлозні, після модифікування їх поверхні набувають необхідних гідрофобних властивостей, що дасть змогу використати їх у рецептурах лакофарбових матеріалів з метою забезпечення кращої сумісності з плівкоутворювачами (насамперед біополімерними) у структурі покриття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

REFERENCE

Adegbola, T., Olorundaisi, E., Agboola, O., & Fayomi, O. (2020). Influence of fillers particles on material toughness properties during processing. *Materials Today Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.464>

Calovi, M., & Rossi, S. (2023). Impact of high concentrations of cellulose fibers on the morphology, durability and protective properties of wood paint. *Coatings*, 13(4), 721. <https://doi.org/10.3390/coatings13040721>

Chan, J. X., Wong, J. F., Hassan, A., Mohamad, Z., & Othman, N. (2019). Mechanical properties of wollastonite reinforced thermoplastic composites: A review. *Polymer Composites*, 41(2), 395–429. <https://doi.org/10.1002/pc.25403>

Gysau, D. (2019). Fillers for paints. <https://doi.org/10.1515/9783748600312>

Караваєв, Т. А. (2014). Гідрофобність покриттів з водно-дисперсійних фарб та способи її підвищення. *Вісник ЧДТУ*, (2), 106–112.

Karavayev, T. A. (2014). Hydrophobicity of coatings from water-dispersion paints and ways to increase it. *Bulletin CSTU*, (2), 106–112.

Караваєв, Т. А. (2015). *Водно-дисперсійні фарби: товарознавча оцінка*. Київський національний торговельно-економічний університет.

Karavayev, T. A. (2015). *Water-dispersion paints: commodity science assessment*. Kyiv National University of Trade and Economics.

Караваєв, Т. А., & Свідерський, В. А. (2012). Дисперсність і структура каолінів українських родовищ. *Кераміка: наука и жизнь*, 1–2 (15–16), 4–10.

Karavayev, T. A., & Sviderskii, V. A. (2012). Dispersion and structure of kaolins from Ukrainian deposits. *Ceramics: Science and Life*, 1–2 (15–16), 4–10.

Караваєв, Т. А., & Свідерський, В. А. (2010). Порівняльна оцінка властивостей карбонатних наповнювачів водно-дисперсійних фарб. *Товари і ринки*, (2), 164–170.

Karavayev, T. A., & Sviderskii, V. A. (2010). Comparative evaluation of the properties of carbonate fillers for water-dispersion paints. *Commodities and Markets*, (2), 164–170.

- Каравасв, Т. А., Свідерський В. А., & Земляной І. В. (2012). Властивості поверхні карбонатних наповнювачів. *Вісник ЧДТУ*, 4, 95–100.
- Lebedev, M., Yadykina, V., Akimov, A., Kozhukhova, M., & Kuznetsova, E. (2023). Hydrophilic–Hydrophobic properties of the surface of modified carbonate fillers for asphalt. *Journal of Composites Science*, 7(12), 507. <https://doi.org/10.3390/jcs7120507>
- Lourith, N., Xivivadh, K., Boonkong, P., & Kanlayavattanakul, M. (2022). Spent coffee waste: A sustainable source of cleansing agent for a high-performance makeup remover. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, (29), 100826. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100826>
- Свідерський, В. А., & Каравасв, Т. А. (2012). Дисперсність та структура карбонатних наповнювачів для водно-дисперсійних фарб. *Вісник ЧДТУ*, (2), 102–108.
- Sviderskii, V. A., & Karavayev, T. A. (2012). Dispersibility and structure of carbonate fillers for water-dispersion paints. *Bulletin CSTU*, (2), 102–108.
- Terzić, A., Radulović, D., Pezo, L., Andrić, L., Miličić, L., Stojanović, J., & Grigorova, I. (2017). The effect of mechano-chemical activation and surface treatment of limestone filler on the properties of construction composites. *Composites Part B Engineering*, (117), 61–73. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.02.041>
- Tressmann, D. M. G. A., Pedroti, L. G., De Carvalho, A. F., Ribeiro, J. C. L., De Paula Cardoso, F., Lopes, M. M. S., De Oliveira, A. F., & Ferreira, S. O. (2020). Research into the use of marble waste as mineral filler in soil pigment-based paints and as an active pigment in waterborne paints. *Construction and Building Materials*, (241), 117976. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117976>
- Veselý, D., Kalendova, A., & Kalenda, P. (2010). A study of diatomite and calcined kaoline properties in anticorrosion protective coatings. *Progress in Organic Coatings*, 68(3), 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2010.02.007>
- Yadav, R., Singh, M., Shekhawat, D., Lee, S., & Park, S. (2023). The role of fillers to enhance the mechanical, thermal, and wear characteristics of polymer composite materials: A review. *Composites Part a Applied Science and Manufacturing*, (175), 107775. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2023.107775>
- Zhao, X., Copenhaver, K., Wang, L., Korey, M., Gardner, D. J., Li, K., Lamm, M. E., Kishore, V., Bhagia, S., Tajvidi, M., Tekinalp, H., Oyedeji, O., Wasti, S., Webb, E., Ragauskas, A. J., Zhu, H., Peter, W. H., & Ozcan, S. (2022). Recycling of natural fiber composites: Challenges and opportunities. *Resources Conservation and Recycling*, (177), 105962. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105962>

Конфлікт інтересів. Автори заявляють, що він не має фінансових чи нефінансових конфліктів інтересів щодо цієї публікації; не має відносин з державними органами, комерційними або некомерційними організаціями, які могли б бути зацікавлені у поданні цієї точки зору. З огляду на те, що автори працюють в установі, яка є видавцем журналу, що може зумовити потенційний конфлікт або підозру в упередженості, остаточне рішення про публікацію цієї статті (включно з вибором рецензентів і редакторів) приймалося тими членами редколегії, які не пов'язані з цією установою.

Автори не отримували прямого фінансування для цього дослідження.

Каравасв Т., Домашевський М. Модифікація целюлозних та мінеральних наповнювачів для лакофарбових матеріалів. *Міжнародний науково-практичний журнал "Товари і ринки"*. 2024. № 4 (52). С. 88–100. [https://doi.org/10.31617/2.2024\(52\)06](https://doi.org/10.31617/2.2024(52)06)

Надійшла до редакції 13.11.2024.
Прийнято до друку 21.11.2024.
Публікація онлайн 16.12.2024.