

УДК 667.6

## ПЕРСПЕКТИВНІ ЕКОЛОГІЧНОЧИСТІ ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ

**Владико Олександра Олександрівна,**

студентка;

**Глоба Юрій Анатолійович,**

магістр;

**Карімов Ерік Маратович,**

студент;

**Маркуш Наталія Василівна,**

магістрантка;

**Гуріна Галина Іванівна,**

кандидат хімічних наук, доцентка, завідувачка кафедрою

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

**Кот Антоніна Григоріївна,**

директорка

Algol Chemicals

[Galyna.Gurina@kname.edu.ua](mailto:Galyna.Gurina@kname.edu.ua)

Успішне вирішення задач євроінтеграції та здійснення реформ в Україні вимагають нових рішень та практичних кроків, спрямованих на формування екологічно безпечного довкілля [1–3]. Технологічна модернізація та трансформація промисловості у більш «зелену» й ресурсоефективну стала основним компонентом політики «зеленого» зростання, впровадженням в економіку довоєнної країни тренду на сталий розвиток. Відповідно до нових запитів постала необхідність оновлення стратегії розвитку екологічної політики України. Прийнятий Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» запровадив новий аспект бачення цілей та стратегічних завдань в галузі охорони довкілля. Він здійснює перегляд основних стратегічних завдань державної екологічної політики, виходячи з виявлення причин екологічних проблем в Україні та фінансової спроможності країни до їх вирішення. У ньому сформовано бачення стану довкілля, якого Україна має досягнути до 2030 року. Виписані стратегічні завдання спрямовані на ліквідацію причин та передумов негативних явищ, а не їх наслідків. Документ відповідає європейським екологічним стандартам життя. До сучасних глобальних екологічних проблем належать: – виснаження природних ресурсів (корисних копалин, земельних ресурсів, лісів, прісної води та ін.); – забруднення навколишнього природного середовища (атмосферного повітря, Світового океану, ґрунтів); – втрата біорізноманіття.

Забруднення атмосфери різними хімічними викидами промислового характеру є однією з найгостріших екологічних проблем людства. Ці

забруднюючі речовини потрапляють в атмосферне повітря в результаті роботи теплових електростанцій, металургійних та хімічних підприємств, використання автотранспорту та ін. Через зменшення концентрації озону у стратосфері відбувається виснаження озонового шару, проникнення на поверхню Землі ультрафіолетового випромінювання, шкідливого для живих організмів. Основною причиною руйнування озонового шару є викиди летких органічних сполук від автомобільних вихлопів, побічних продуктів промислових процесів, використання холодоагентів та аерозолів, при застосуванні органорозчинних лакофарбових матеріалів. Молекули озону в верхніх шарах стратосфери розкладаються, реагуючи з компонентами, які містяться у шкідливих викидах. Збільшення в атмосфері газів та сполук, які не пропускають сонячні промені, відбиті від земної поверхні, стало причиною посилення парникового ефекту. За даними Міжурядової комісії з кліматичних змін у складі ООН, впродовж століття температура може підвищитися на 3,5 °С. Навіть незначна зміна температури може спричинити зміни напрямків вітру та течій океану, підвищити рівень моря тощо, що змінить існуючі кліматичні умови і може призвести до непередбачуваних наслідків. До основних парникових газів належать: діоксид вуглецю, метан, оксид азоту (I), водяна пара, а також різні хлор, вуглеводні, що містять у своєму складі фтор, хлор.

В Україні завдяки активній та продуктивній роботі фахівців лакофарбової галузі з Асоціації українських виробників лакофарбової промисловості прийнято два документи [1, 2], які свідчать про відповідальне ставлення фахівців галузі до екологічних проблем України. Перший документ – це Технічний регламент, який стосується низки лакофарбових виробів, що вводяться в обіг (в тому числі пересилаються та ввозяться з-за кордону). Це, зокрема, лаки, фарби, фінішні суміші, морилки, ґрунтовки, лазурі, шпатлівки, аерозольні фарби автомобільні та інші. Наказом, яким впроваджено Технічний регламент, передбачено, що вироби, які не відповідають вимогам Технічного регламенту, можуть перебувати в обігу на ринку України впродовж 12 місяців після набуття чинності наказу. Після цього строку, використання таких виробів буде суворо заборонено. Технічний регламент встановлює граничні показники вмісту в лакофарбових виробах летких органічних сполук (ЛОС): особливо небезпечних для дітей та людей похилого віку вуглецевих речовин, які починають випаровуватися вже при кімнатній температурі та можуть стати причиною захворювань. Проект наказу про введення Технічного регламенту розроблено на виконання розпорядження Кабінету Міністрів України «Про імплементацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і

їхніми державами-членами, з іншої сторони» від 17 вересня 2014 р. № 847-р, положень Директиви 2004/42/ЄС про обмеження викидів летких органічних сполук внаслідок використання органічних розчинників у певних лакофарбових матеріалах і продуктах ремонтного фарбування транспортних засобів зі змінами до Директиви 1999/13/ЄС щодо організації підготовки планів імплементації актів законодавства ЄС. Другий документ – Технічний регламент обмеження використання свинцю у лакофарбових матеріалах і сировинних компонентах. Кабінет Міністрів України постановою від 28 квітня 2021р. № 432 затвердив Технічний регламент обмеження використання свинцю у лакофарбових матеріалах і сировинних компонентах. Граничне значення вмісту свинцю у нелеткій частині лакофарбового матеріалу, зокрема сировинних компонентів (тобто його частка від загальної ваги сухої плівки (покриття), не повинно перевищувати 90 мг/кг [3].

Таким чином, відповідно до норм Технічних регламентів 2019 та 2021 років до екологічночистих лакофарбових матеріалів відносять три групи матеріалів.

Перша група – це матеріали з низьким вмістом летких органічних сполук для зменшення емісії шкідливих для здоров'я людей та довкілля токсичних органічних розчинників: уайт-спириту, сольвенту, ксилолу, толуолу, бутилацетату, етилцелозольву, бутанолу, ізопропилового спирту та ін. Органорозчинні лакофарбові матеріали (тип SB) – матеріали, в'язкість яких регулюється додаванням органічного розчинника. Важливим для екологічної безпеки лакофарбових матеріалів є значення вмісту легколетких органічних сполук для різних типів матеріалів. Вміст ЛОС – маса летких органічних сполук в одиниці об'єму, виражена у грамах на літр, г/л, у рецептурі матеріалу в його готовому до використання стані. Частку летких органічних сполук у певному матеріалі, що залишаються у складі покриття під час його формування внаслідок хімічної реакції, не можна вважати частиною вмісту ЛОС. Летка органічна сполука (ЛОС) – будь-яка органічна сполука, яка має початкову температуру кипіння, яка менша або дорівнює 250 °С, що вимірюється за нормального тиску 101,3 кПа [2].

Розроблено пігментований органорозчинний лакофарбовий матеріал з низьким вмістом ЛОС: смола Crestakyd 10-0504 – 11,12 %; Crestakyd 10-1019 – 44,49 %,  $TiO_2$  – 16,27 %,  $CaCO_3$  – 8,32 %, органобентоніт – 2,24 %, уайт-спирит – 16,99 %, сикатив – 0,57 %. С. з. лаку Crestakyd 10-1019 – 60 %,  $\rho_{\text{емалі}}$  – 1,12 г/см<sup>3</sup>, ЛОС – 395,61 г/л. Властивості матеріалу та покриттів на його основі відповідають вимогам до алкідних емалей широкого вжитку: умовна в'язкість при (20±0,5) °С по ВЗ – 246, с, не менше 150 с; масова частка нелетких речовин, – не менше 65 %; ступінь дисперсності не більше – 25 мкм; час висихання до

ступеня 3 за  $(20 \pm 2)$  °C, не більше – 24 год; міцність плівки за удару на приладі У – 1 не менше – 50 см; еластичність плівки за вигину не більше – 1 мм; адгезія плівки не більше 1 балу; твердість – 0,41 ум. од.; стійкість плівки до статичної дії води за  $(20 \pm 5)$  °C не менше 24 год; стійкість до розчину миючого засобу за  $(20 \pm 5)$  °C – 24 год. Розраховані рецептури та встановлено [4], що для органорозчинних лакофарбових матеріалів, які відносять до товарів народного вжитку, лише за вмісту нелетких речовин у емалі понад 80 % існує можливість одержати для емалей значення ЛОС менше 300 г/л органічних розчинників. Емаль зі вмістом нелетких речовин 75,94 % на основі алкідного лаку як плівкоутворюючої речовини, титан (IV) оксиду як пігменту, кальциту як наповнювача, характеризується значенням ЛОС = 296,76 г/л за коефіцієнту лакофарбової системи  $g = \text{ОКП/КОКП} = 0,31$ .

До другої групи належать порошкові фарби, які складаються з пігментів, наповнювачів, пластифікаторів, порошоків полімерів та отверджувачів і цільових добавок. Порошкові фарби класифікують за таким критерієм, як відношення до температури полімерної складової фарб і розрізняють термопластичні (полівінілбутиральні, полівінілхлоридні, поліетиленові, поліамідні) порошкові фарби та термореактивні (на основі епоксидних і поліестерних смол, акрилатів, поліуретану.) порошкові фарби. Розроблено рецептуру порошкової термореактивної поліестерно-епоксидної фарби. Оптимальні експлуатаційні властивості покриттів визначені за товщини покриття 80–120 мкм, за дисперсного складу: 0–1 % – більше 100 мкм, 89–100 % – 30–90 мкм, 0–10 % – менше 30 мкм. Температура формування покриття: 160 °C – 20 хв.; 180 °C – 15 хв.; 200 °C – 10 хв. Температура експлуатації покриття від –40 °C до +125 °C. Рецептура фарби: епоксидна смола – 37 %; поліестерна смола – 37 %; технічний вуглець (сажа газова) – 20,5 %; бензоїн – 0,5 %; аттапульгіт – 5 %.

Третю групу матеріалів складають водно-дисперсійні лакофарбові матеріали. Водно-дисперсійні лакофарбові матеріали (тип WB) – матеріали, в'язкість яких регулюється додаванням води та ринок яких в Україні розвивається дуже високими темпами. Зараз біля 60 % асортименту провідних підприємств по виробництву лакофарбових матеріалів – водно-дисперсійні матеріали.

Розраховані рецептури водно-дисперсійних лакофарбових матеріалів архітектурного призначення для оздоблення інтер'єрів та одержання фасадних покриттів, виготовлені водно-дисперсійні матеріали білого кольору, визначені одиничні показники якості відповідно до ДСТУ EN 13300:2012 Фарби та лаки. Водно-дисперсійні лакофарбові матеріали та системи покриттів для внутрішніх стін і стель та ТУ У 20.3-34328580-009:2021, що наведені у таблиці 1.

Як сировинні компоненти використані стирол-акрилова дисперсія Acronal S 790 BASF, пігмент – титан (IV) оксид рутильної модифікації, наповнювач – кальцій карбонат, мармур мелений AND-5, коалесцент NX- 795 Texanol, тарний консервант Biopol TI-158, піногасник Foamstar ED 2521, диспергатор Оротан N40445.

Таблиця 1. Фізико-механічні властивості розроблених водно дисперсійних матеріалів

№ з/п	Показник	Рецептура					Значення				
		1	2	3	4	5					
1	Колір плівки фарби	білий									
2	Зовнішн. вигляд	Рівна, однорідна, матова поверх.	Рівна, однорідна, півматова поверх.	Рівна, однорідна, матова поверх.	Рівна, однорідна, півматова поверх.	Рівна, однорідна, півматова поверх.					
3	Масова частка нелетких речовин, %	58–65	58–63	55–63	55–65	55–65					
4	pH матеріалу	8,0–9,5	8,0–9,5	8,0–9,5	8,0–9,5	8,0–9,5					
5	Ступінь перетирання, мкм, не більше	100									
6	Час висихан. до ст. 3, за 20 °С, год, не більше	1									
7	Морозостійкість фарби, цикли (умовних одиниць), не менше	5									
8	Стійкість плівки фарби до статичної дії води при (20±2)°С, год, не менше	12		24							
9	Укривистість, г/м <sup>2</sup>	165–170	150–155	135–140	115–120	100–110					
10	Білизна, %	63	65	70	75	80					

Аналіз фізико-механічних та хімічних властивостей одержаних воднодисперсійних лакофарбових матеріалів та покриттів дозволив сформулювати сфери застосування матеріалів за рецептурою № 1 як фарби для внутрішніх робіт, за рецептурою № 2 як фарби для інтер'єрів, за рецептурою № 3 як фарби інтер'єрів, що здатні до миття, за рецептурою № 4 як фарби для фасадних покриттів, за рецептурою № 5 як фарби силікон-акрилової для фасадних покриттів підвищеної гідрофобності. Застосовувати її можна як для декоративного оздоблення всередині приміщення, так і для фарбування об'єктів, які знаходяться на відкритому повітрі. Силікон-акрилова фарба має добру адгезію до мінеральних основ (цегли, бетону, цементу), дерев'яних і заґрунтованих металевих поверхонь. Вона створює покриття, яке здатне

служити надійним захистом конструкцій, що постійно піддаються впливу атмосферних опадів і води: водних гребель, набережних.

Відомо, що модифікація лакофарбових матеріалів наночастинками шаруватих алюмосилікатів, вуглецевих нанотрубок, детонаційних наноалмазів дозволяє покращити фізико-механічні властивості матеріалів та покриттів [5], тому для позитивного вирішення проблеми створення інноваційних лакофарбових матеріалів були проведені дослідження впливу температури та терміну тверднення покриттів з домішками детонаційних наноалмазів.

Встановлено, що за додавання до водної дисперсії полімеру детонаційних наноалмазів у кількості до 0,5 % під час дослідження температурної залежності умовної твердості покриттів у інтервалі температур від 20 °С до 180 °С для температур, більших за 85 °С, спостерігали відсутність впливу концентрації наноалмазів на умовну твердість покриттів (рис. 1).

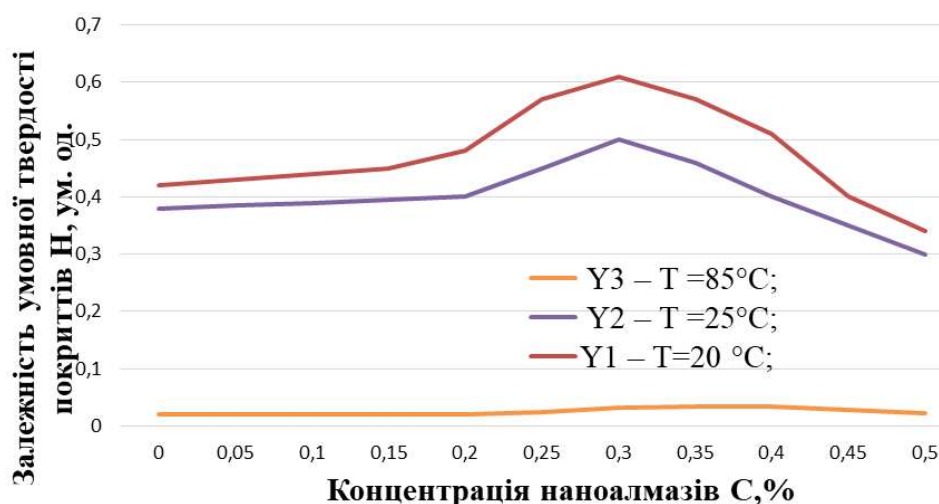


Рисунок 1. Залежність умовної твердості покриттів ( $H$ , ум. од.) від концентрації наноалмазів ( $C$ , %) за різної температури покриттів:  
 $t_1 = 20\text{ °C}$ ;  $t_2 = 25\text{ °C}$ ;  $t_3 = 85\text{ °C}$ ;

Одержаний результат може бути пов'язаний зі зникненням структуруючої дії поверхні наноалмазного наповнювача внаслідок руйнування сил міжмолекулярної взаємодії між структурними елементами, функціональними групами компонентів покриття за температур, вищих 85 °С. Дійсно, за температур, більших ніж температура склування полімеру, відбувається збільшення сегментальної рухливості полімерної матриці і зменшення адсорбційного зв'язування молекул олігомерів твердою поверхнею наповнювача.

Досліджено зміну відносної твердості покриттів на основі чистої стирол-акрилової дисперсії та покриттів з наночастинками детонаційних алмазів у оптимальній кількості 0,3 % протягом 1, 5, 10, 15 діб після досягнення

покриттями ступеня тверднення 3 (рис. 2). Встановлено, що після досягнення ступеня тверднення 3 в покриттях продовжуються процеси формування структури покриттів і умовна твердість покриттів з наночастинками у кількості 0,3 % приводить до збільшення значень умовної твердості від 0,61 до 0,71 ум. од., а за відсутності наноалмазів у покритті від 0,38 до 0,42 ум. од.

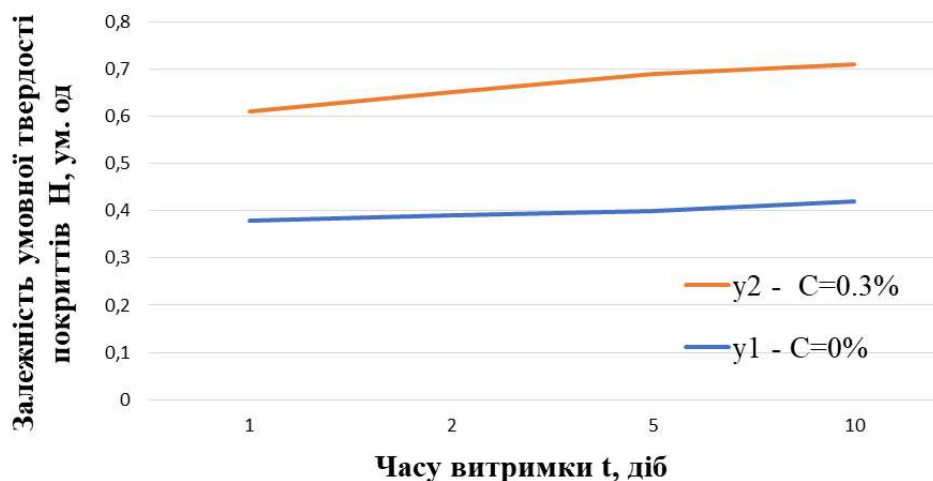


Рисунок 2. Залежність умовної твердості покриттів ( $H$ , ум. од.) від часу витримки ( $t$ , діб) для зразків з різним вмістом наноалмазів:  $C_1=0\%$ ,  $C_2=0,3\%$

Виявлене більш суттєве зростання відносної твердості покриттів з наноалмазами порівняно з покриттями на основі вихідної стирол-акрилової дисперсії свідчить про можливість структурування макромолекул полімерної матриці під дією розвиненої поверхні наноалмазного наповнювача, збільшення температури склування полімерної матриці і, як наслідок, підвищення твердості покриттів.

За результатами досліджень розроблені перспективні екологічно чисті лакофарбові матеріали різних типів:

- органорозчинний пігментований лакофарбовий матеріал з низьким вмістом легколетких органічних сполук на основі алкідних смол, титан (IV) оксиду, кальцій карбонату, органомодифікованого бентоніту, сикативу, найменш токсичного з органічних розчинників уайт-спириту з ГДК = 300 г/м<sup>3</sup>. Органорозчинна емаль характеризується високою седиментаційною стійкістю завдяки використанню у рецептурі тиксотропної добавки у вигляді органомодифікованого бентоніта. Одиничні показники якості емалі білого кольору та покриттів на її основі відповідають вимогам до алкідних матеріалів та покриттів еліт-класу;

- порошкова термореактивна епоксидно-поліестерна фарба з оптимальним гранулометричним складом, температурними інтервалами формування покриттів та гарними найважливішими властивостями порошкових

фарб (дисперсійним складом, сипкістю, здатністю до злежування, гігроскопічністю, насипною щільністю; здатністю до псевдозрідження та розпилення, електризованістю);

– водно-дисперсійні фарби архітектурно-будівельного призначення, які характеризуються різним рівнем наповнення, різними значеннями об'ємної концентрації пігментів, різною білизною покриттів та різною укривістістю сформульовані сфери застосування матеріалів та розроблена технологія їх виготовлення;

– проведені дослідження впливу концентрації нанодобавок на основі детонаційних наноалмазів на температурну залежність твердості покриттів та встановлено відсутність впливу концентрації детонаційних наноалмазів на твердість покриттів за температур покриттів вищих, ніж 85 °С.

### Список використаних джерел

1. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року». 2019, <https://ips.ligazakon.net/document/T192697>

2. Технічний регламент щодо обмеження викидів летких органічних сполук унаслідок використання органічних розчинників у лакофарбових матеріалах для будівель та ремонту колісних транспортних засобів, 2019, <http://surl.li/mqxaj>

3. Технічний регламент обмеження використання свинцю у лакофарбових матеріалах і сировинних компонентах, 2021, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-2021-%D0%BF#Text>

4. Гуріна Г.І., Дружинін Е.І., Скрипинець А.В., Саєнко Н.В. Нові лакофарбові матеріали з низьким вмістом вос для зниження емісії токсичних розчинників. *Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2023. С. 319–320.

5. Gurina G., Kozub P., Kozub S., Saienko N., Skripinets A. Detonation Nanodiamonds as Part of Smart Composite Paintwork Materials *Smart Technologies in Urban Engineering STUE 2022: Smart Technologies in Urban Engineering* P. 393–402. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_36)