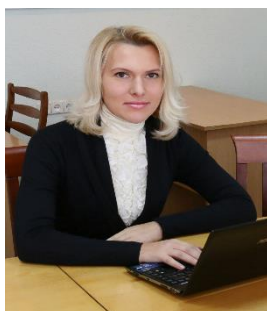


УДК 628.9(075.8)
UDC 628.9(075.8)

DOI:10.33744/0365-8171-2025-118.2-030-036

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЮМОФОРНОГО ПОКРИТТЯ
В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ

RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF LUMOPHORIC COATINGS
IN MODERN CONSTRUCTION



Бердник Оксана Юріївна кандидат технічних наук,
доцент кафедри Технології будівельних конструкцій і виробів
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Київ, Україна, e-mail: [kseniareznik87@gmail.com](mailto:kсениareznik87@gmail.com), тел. +38
0676276682,

<https://orcid.org/0000-0001-5321-3518>



Чиженко Наталія Петрівна, кандидат технічних наук,
доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд
Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-
mail: chyzhenko_nr@ukr.net, тел. +380507355080,

<https://orcid.org/0000-0002-9152-2474>



Скарлат Станіслав Олегович, аспірант кафедри
технології будівельних конструкцій і виробів, Київський
національний університет будівництва і архітектури, Київ,
Україна, e-mail: stas24millioner@gmail.com, тел. +380633245029,

<http://orcid.org/0009-0005-2967-066X>

Анотація. У роботі досліджено можливості інтеграції світлового елемента — люмінофора — у різні середовища. Проаналізовано приклади успішного застосування освітлювальних компонентів у дизайні різних об'єктів будівництва. У процесі дослідження враховано низку характеристик і унікальних властивостей люмінофора, які можуть бути ефективно використані в будівництві. Враховуючи сучасні обставини в країні, запропоновано нестандартні способи використання люмінофора як додаткового джерела освітлення або альтернативи традиційним світловим приладам. При цьому люмінофор не потребує електроенергії, адже здатен «накопичувати» енергію від сонячного світла. Відмінною рисою таких плівок, яка визначає їх фотофізичні властивості, є гетерофазний, дисперсний характер розподілу добавок люмінофорів у полімерній матриці, що дозволяє поглинати і перетворювати близько 1 % УФ-випромінювання сонця. Використання для зазначеної області проживання полімерних плівок з гомогенним розподілом люмінофорів у полімерній матриці в літературі практично не описано. Однією з вимог до одержання плівок є наявність люмінесцентних

властивостей і збереження їх в умовах експлуатації полімерних покриттів споруд захищеного ґрунту в сільському господарстві.

У зв'язку з цим необхідно провести дослідження флуоресцентних властивостей отриманих плівок і їх збереження в умовах фотохімічного розкладу люмінофорів, визначення інтенсивності люмінесценції залежно від вмісту люмінофорів і товщини отриманих плівок.

Ключові слова. Люмінофор, нетрадиційні світлові джерела, додаткове освітлення, світлові візуальні ефекти.

Вступ. На сьогоднішній день існує багато способів створення додаткового освітлення — зокрема, неонове підсвічування, люмінофорні та флуоресцентні фарби та покриття. Кожен із цих типів має власні унікальні властивості. Принципи дії люмінесцентних і фосфоресцентних матеріалів є подібними, однак фосфор становить небезпеку для здоров'я людини, тому його досить рідко застосовують у сучасному будівництві. Натомість матеріали, що містять люмінофор, є безпечними для людей і навколишнього середовища: вони не є радіоактивними, токсичними чи вибухонебезпечними.

Зазвичай люмінофорні покриття виготовляють із використанням безпечного акрилового лаку на водній основі або полімерів неорганічного походження. Через схожі властивості флуоресцентні та люмінесцентні фарби та покриття іноді плутають між собою. Проте між ними існує суттєва різниця: люмінесцентні матеріали світяться у темряві після впливу будь-якого джерела світла, тоді як флуоресцентні — лише під дією ультрафіолетового випромінювання.

Процес люмінесценції та його практичне застосування активно досліджують сучасні науковці, серед яких — Михайло Брік із Тартуського університету (Естонія) та Алок М. Шривастава з GE Global Research (Нью-Йорк, США), автори книги «*Luminescent Materials*». Також проблематику люмінофорів вивчають хіміки Зоїла Барандіаран і Луїс Сейхо з Мадридського автономного університету [1,2].

Інженери та конструктори, зокрема Анна Лаура Пізелло і Патрік Е. Фелан з Університету Арізони, а також дослідниця Пізелло з Університету Перуджі, зосереджують увагу на створенні люмінесцентних матеріалів, здатних зберігати й випромінювати світлову енергію протягом тривалого часу [3].

Виклад основного матеріалу дослідження і отриманих результатів. Люмінофор — це речовина, що здатна поглинати світло та випромінювати його в темряві. Такі хімічні сполуки нині широко застосовуються в наукових дослідженнях і технологічних розробках. Залежно від складу, люмінофори поділяють на неорганічні та органічні. Наприклад, неорганічні люмінофори використовують у люмінесцентних лампах, електронно-променевих трубках, рентгенівських дисплеях, індикаторах випромінювання та різних технічних пристроях. Натомість яскраві флуоресцентні фарби, що застосовуються у люмінесцентному аналізі, хімії, біології, медицині та криміналістиці, виготовляються на основі органічних люмінофорів [4].

Інтенсивність світіння люмінофора зростає зі збільшенням концентрації активного компонента. Люмінесцентні фарби є довговічними, оскільки процес поглинання та подальшого випромінювання світла може повторюватися багаторазово. Люмінофор має надзвичайно широкий спектр можливостей, тому його застосування охоплює безліч галузей. Його можна наносити практично на будь-яку поверхню — метал, пластик, гіпсокартон, бетон, дорожнє покриття, кераміку, скло, дерево тощо [5].

Люмінофорна фарба (покриття) та сам матеріал часто стають джерелом натхнення для створення естетичних декоративних виробів. Їх активно використовують у різних сферах — зокрема, у зовнішній рекламі, де люмінофор допомагає підкреслити написи або зображення, роблячи їх більш помітними. Крім того, люмінофорні пігменти застосовуються у виготовленні банкнот із захисними елементами, що світяться у видимому спектрі під дією ультрафіолетового випромінювання [6,7].

Згідно з висновками державної санітарно-епідеміологічної експертизи (СЕС) та сертифікатами безпеки виробників, люмінофор є безпечним для людини і доступним у вільному продажу. Завдяки своїм нешкідливим властивостям його використовують у виробництві постільної білизни, косметичних засобів, декоративного макіяжу (рис. 2), а також у творчих проєктах, пошитті сценічних костюмів, оформленні декорацій і створенні систем декоративного освітлення [8].

Крім зазначених властивостей, люмінофор має широкий спектр застосувань у різних сферах дизайну, зокрема в машинобудуванні. Тут його використовують як елемент тюнінгу автомобілів, а також як компонент у конструкції фар — завдяки люмінофору підвищується їхня яскравість і ефективність освітлення. Важливу роль цей матеріал відіграє й у світлотехніці: на його основі створюють люмінесцентні лампи, які знайшли застосування у багатьох галузях життя. Однією з головних переваг люмінофора є те, що його можна використовувати без складного обладнання чи спеціальних технологій.

Окрім того, люмінофор має унікальні напрями використання, зокрема у військовій сфері, де він цінується за здатність виявляти об'єкти навіть у повній темряві. Його застосовують у поєднанні з електронно-оптичними перетворювачами та приладами нічного бачення, які використовуються як у військових цілях, так і в наукових дослідженнях. Відповідно до наукових спостережень, усе навколишнє середовище, окрім видимого світла, також випромінює та відбиває інфрачервоне, тобто теплове, випромінювання [9].

Сьогодні люмінофор активно розглядається як ефективний компонент для застосування при будівництві дорожнього покриття. Завдяки своїй здатності зберігати та продовжувати світіння протягом тривалого часу у поєднанні з різними джерелами випромінювання, цей матеріал відкриває широкі можливості для уникнення ДТП і зручності для водіїв автотранспорту.

В умовах сучасних викликів у нашій країні такі властивості відкривають можливість для нетрадиційного використання люмінофора — як альтернативного або допоміжного джерела освітлення. Покриваючи ним різні поверхні, можна створювати нові, екологічні й енергоефективні способи освітлення [10, 11].

Люмінофор можна ефективно використовувати як альтернативне джерело освітлення. Для підтвердження цієї можливості було проведено серію якісних експериментів, спрямованих на дослідження впливу зовнішнього випромінювання на властивості матеріалу. У ході досліджень вивчали світлові ефекти люмінофора залежно від довжини хвилі та характеристик освітлення.

Результати експериментів показали, що під впливом дифузного джерела світла люмінофору потрібно близько однієї хвилини для поглинання енергії, після чого він починає яскраво світитися у темряві. Водночас було встановлено, що під дією тепла люмінофор втрачає свою здатність до світіння приблизно через 7 хвилин 30 секунд, однак не втрачає своїх властивостей і може бути повторно «заряджений» [12].

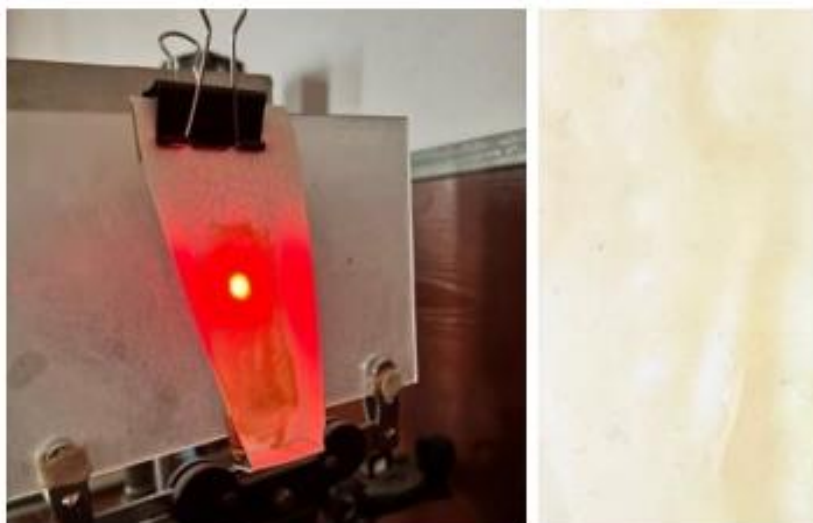


Рисунок 1 – Люмінофорне покриттям під впливом червоного точкового лазера
Figure 1 – Phosphor coating under the influence of a red dot laser

На наступному етапі дослідження використовували різні джерела випромінювання, зокрема три типи лазерів, для вивчення їхнього впливу на люмінофор.

Під час першого експерименту, коли застосовувався лазер із точковим червоним випромінюванням протягом двох хвилин, було встановлено, що такий тип лазера не забезпечує достатньої енергії для активації світіння люмінофора (рис. 1).

Подальше дослідження із застосуванням ультрафіолетового лазера показало, що вузький промінь створює на люмінофорному покритті чіткі контури малюнка (рис. 4), які залишаються видимими як при слабкому освітленні, так і в повній темряві. Проте з часом виявлено, що світловий малюнок поступово втрачає інтенсивність і зникає приблизно через 13 хвилин.

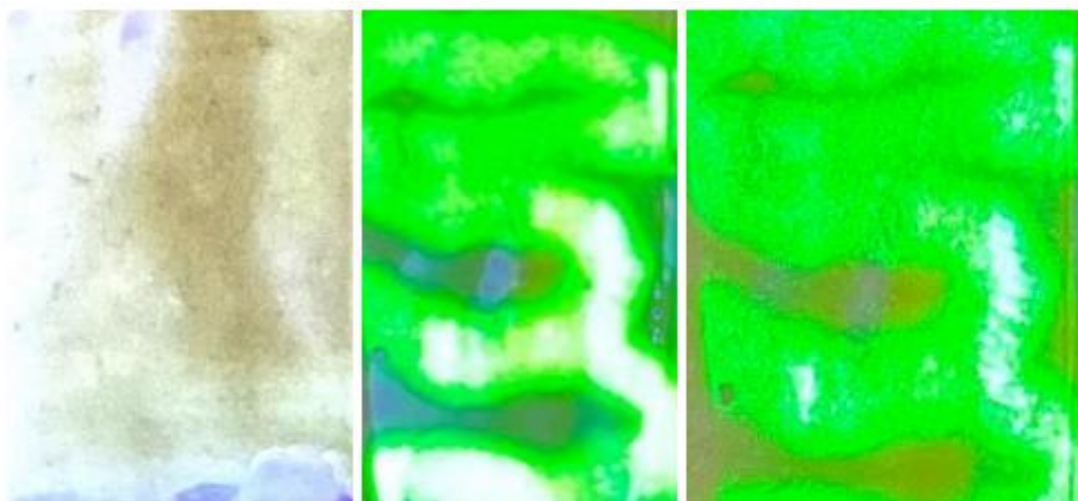


Рисунок 2 – Люмінофорне покриттям під впливом ультрафіолетового точкового лазера
Figure 2 – Phosphor coating under the influence of an ultraviolet point laser

У третьому експерименті було протестовано дію зеленого лазерного випромінювання. Результати показали, що цей тип лазера не впливає на люмінофор, тому він не може використовуватися як ефективне джерело його активації (рис. 2).

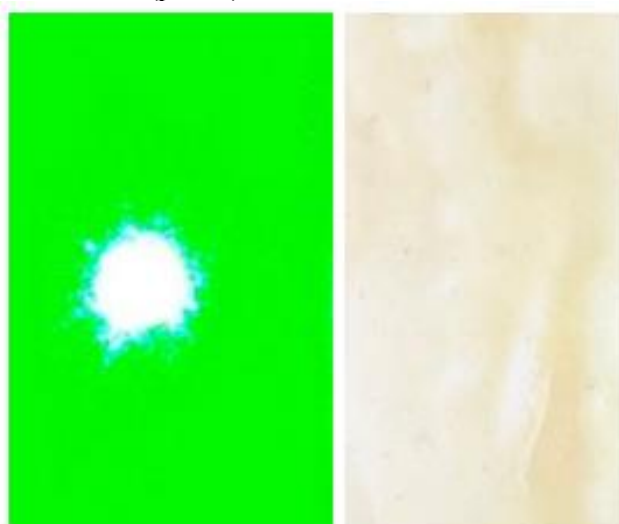


Рисунок 3 – Люмінофорне покриттям під впливом зеленого точкового лазера
Figure 3 – Phosphor coating under the influence of a green spot laser

У результаті дослідження трьох типів лазерного випромінювання — червоного, ультрафіолетового та зеленого — було встановлено, що інтенсивність лазера не є визначальним чинником у формуванні ефекту світлового малюнка. Аналіз показав, що саме ультрафіолетове випромінювання забезпечує найвищу яскравість люмінофора. Це підтверджує, що люмінофор світиться інтенсивніше під впливом УФ-променів, хоча здатен випромінювати світло і при звичайному природному чи штучному освітленні. Водночас зелені та червоні лазери виявилися малоефективними щодо активації світіння люмінофора.

Згідно з отриманими результатами, люмінофор може поглинати світло як при денному освітленні, так і під дією ультрафіолету. Було визначено, що вирішальним фактором для інтенсивності люмінесценції є довжина хвилі випромінювання, а не його потужність. Інакше кажучи, яскравість світіння більше залежить від спектрального складу світла, зокрема ультрафіолетового діапазону, ніж від інтенсивності самого випромінювання.

Експерименти також підтвердили, що люмінофор реагує на різні типи випромінювання та може використовуватися багаторазово, не потребуючи теплового впливу. Водночас важливим параметром для його практичного застосування є тривалість післясвітіння — під час дослідження встановлено, що невелике зображення без нагрівального елемента зникає приблизно через 10 хвилин.

Випробування за різних температур показали, що тепла дія незначно впливає на властивості люмінофора, тому додаткове нагрівання не призводить до суттєвих змін. Найкраще світіння спостерігається в умовах повної темряви, без додаткових джерел світла чи тепла.

Отже, люмінофор є унікальною речовиною, що має великий потенціал для застосування у завдяки своїм особливим характеристикам. Зокрема, його можна використовувати для зменшення впливу ефекту «міських теплових островів» — явища, коли сонячне тепло, поглинаючись дахами та дорожнім покриттям, підвищує температуру в міських районах у середньому на 7,7 °C порівняно з сільською місцевістю. Це не лише створює ризики для здоров'я, але й збільшує споживання енергії на охолодження будівель.

Згідно з експериментальними даними, світловідбивні матеріали, як от біла фарба чи світлий асфальтобетон, уже активно використовуються для зниження перегріву в міському середовищі. Проте додавання люмінофорних компонентів може зробити такі рішення ще ефективнішими, поєднуючи енергоощадливість із декоративним і функціональним ефектом.

Висновки. У роботі досліджено різні способи організації додаткового освітлення простору та визначено їхні характерні особливості. Розглянуто потенціал люмінофора як елемента в будівництві і окреслено основні напрями його використання. Запропоновано подальший розвиток нетрадиційних методів застосування люмінофора — як додаткового джерела освітлення або альтернативи традиційним світловим приладам в дорожньому будівництві. За результатами експериментальних досліджень із використанням люмінофорного елемента встановлено, що завдяки своїм унікальним властивостям люмінофор має значний потенціал для впровадження в інноваційні рішення у сфері світлового дизайну для будівництва. У ході якісних експериментів було з'ясовано, що люмінофорні матеріали здатні накопичувати світло від ультрафіолетового лазера протягом 2–3 секунд і зберігати його випромінювання приблизно 13 хвилин. При цьому було доведено, що зелений і червоний лазери майже не впливають на активність світіння люмінофора.

Під час досліджень також встановлено, що інтенсивність світіння матеріалу більше залежить від довжини хвилі ультрафіолетового випромінювання, ніж від потужності або типу лазера. Окрім того, спостереження показали, що невеликий люмінофорний малюнок без впливу теплового елемента поступово зникає приблизно через 10 хвилин.

Перелік посилань

1. Що таке люмінофор? | Epoxy Lviv. (2021). Retrieved from: <https://epoxy-lviv.com.ua/ua/a468496-что-такое-lyuminofor.html>

2. Наукова робота. Таємниця світіння | Колосок. (2019). Retrieved from: <https://e-kolosok.org/naukova-robota-taiemnytsia-svitinnia/>.
3. Дзікевич, А., Олейнікова, І., & Заїка, Н. (2021). Створення світлодизайну для шоу-майданчиків. «Актуальні проблеми сучасного дизайну»: матеріали Міжнародної науково-практ. конф., м. Київ, С. 161–163.
4. Чайка, П. (2020). Професії холодного світла — люмінесценція в науці й техніці | Науково-популярний журнал Познавайка. Retrieved from: <https://www.poznavayka.org/uk/nauka-i-tehnika-2/profesiyi-holodnogo-svitla-lyuminestsentsiya-v-nautsi-i-tehnitsi/>.
5. 1. Dovas. Starpath: Electricity-Free Alternative to Streetlights That Look Like A Starry Night. Bored Panda. URL: https://www.boredpanda.com/uv-park-paths-starpath-proteq/?utm_source=yandex&utm_medium=organic&utm_campaign=organic.
6. Biggs, J. Poland builds a solar-powered bike path that glows a ghostly blue. URL: <https://techcrunch.com/2016/10/07/poland-builds-a-solar-powered-bike-path-that-glows-a-ghostly-blue/>.
7. Luminescence Facts, Types & Examples | What is Luminescence? Study. URL: <https://study.com/academy/lesson/luminescence-facts-types-examples.html>.
8. How do Phosphors Work – Phosphor Technology Ltd. Phosphor Technology Ltd. URL: <https://www.phosphortechnology.com/how-do-phosphors-work/>(дата звернення: 05.11.2022).
9. Kumar, A., Pratap, B. (2018). Luminescent Materials in Lighting, Display, Solar Cell, Sensing, and Biomedical Applications. Ed. S. Pyshkin. Taylor & Francis Group. 142 p. URL: <https://doi.org/10.5772/intechopen.82123>.
10. Mattiello, S. et al. (2021). First demonstration of the use of open-shell derivatives as organic luminophores for transparent luminescent solar concentrators. Materials Advances, Vol. 2, № 22, P. 7369–7378. URL: <https://doi.org/10.1039/d1ma00659b>.
11. Kleiner, K. (2021). Will Glow-in-the-Dark Materials Someday Light Our Cities? Knowable Magazine. URL: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/will-glow-in-the-dark-materials-someday-light-our-cities180979075/>.
12. Sharma, R., Bairagi, N. (2018). The Role of Photoluminescent Pigments in Textiles. Trends in Textile Engineering & Fashion Technology, Vol. 2, № 2. URL: <https://doi.org/10.31031/tteft.2018.02.000533>.

RESEARCH ON THE CHARACTERISTICS OF LUMINESCENT COATINGS IN MODERN CONSTRUCTION

Berdnyk Oksana Yu., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Building Structures and Products Technology, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: kсениарезник87@gmail.com, +38 0676276682, <https://orcid.org/0000-0001-5321-3518>;

Chyzenko Nataliia P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of bridges, tunnels and hydraulic structures Department National Transportation University Kyiv, Ukraine, e-mail: chyzenko_np@ukr.net, +380507355080, <https://orcid.org/0000-0002-9152-2474>;

Scarlat Stas O., postgraduate student of the department of Building Structures and Products Technology, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: stas24millioner@gmail.com, тел. +380633245029, <https://orcid.org/0009-0005-2967-066X>.

Abstract. The paper explores the possibilities of integrating a light element – phosphor - into various environments. [Examples](#) of the successful use of lighting components in the design of various construction objects are analyzed. The study takes into account a number of characteristics and unique properties of phosphors that can be effectively used in construction. Given the current circumstances in the country, non-standard ways of using phosphors as an additional source of lighting or an alternative to traditional lighting devices are proposed. At the same time, phosphors do not require electricity, as they are capable of

“accumulating” energy from sunlight. A distinctive feature of such films, which determines their photophysical properties, is the heterophasic, dispersed

nature of the distribution of phosphor additives in the polymer matrix, which allows them to absorb and convert about 1% of the sun's UV radiation. The use of polymer films with homogeneous distribution of phosphors in the polymer matrix for this application is practically not described in the literature. One of the requirements for the resulting films is the presence of luminescent properties and their preservation under the operating conditions of polymer coatings of protected soil structures in agriculture. In this regard, it is necessary to conduct research on the fluorescent properties of the obtained films and their preservation under conditions of photochemical decomposition of phosphors, determination of the intensity of luminescence depending on the content of phosphors and the thickness of the obtained films.

Keywords: phosphor, non-traditional light sources, additional lighting, light visual effects.

Reference

1. What is a phosphor? | Epoxy Lviv. (2021). Retrieved from: <https://epoxy-lviv.com.ua/ua/a468496-cho-to-takoe-lyuminofoor.html>
2. Scientific work. The secret of luminescence | Kolosok. (2019). Retrieved from: <https://e-kolosok.org/naukova-robota-taiemnytsia-svitinnia/>.
3. Dzikovich, A., Oleynikova, I., & Zaika, N. (2021). Creating lighting design for show venues. “Current issues in contemporary design”: materials from the International Scientific and Practical Conference, Kyiv, C. 161–163.
4. Chaika, P. (2020). Cold light professions — luminescence in science and technology | Popular science magazine Poznavayka. Retrieved from: <https://www.poznavayka.org/uk/nauka-i-tehnika-2/profesiyni-holodnogo-svitla-lyuminesentsiya-v-nautsi-i-tehnitsi/>.
5. 1. Dovas. Starpath: Electricity-Free Alternative to Streetlights That Look Like A Starry Night. Bored Panda. URL: https://www.boredpanda.com/uv-park-paths-starpath-proteq/?utm_source=yandex&utm_medium=organic&utm_campaign=organic.
6. Biggs, J. Poland builds a solar-powered bike path that glows a ghostly blue. URL: <https://techcrunch.com/2016/10/07/poland-builds-a-solar-powered-bike-path-that-glows-a-ghostly-blue/>.
7. Luminescence Facts, Types & Examples | What is Luminescence? Study. URL: <https://study.com/academy/lesson/luminescence-facts-types-examples.html>.
8. How do Phosphors Work – Phosphor Technology Ltd. Phosphor Technology Ltd. URL: <https://www.phosphortechnology.com/how-do-phosphors-work/>(дата звернення: 05.11.2022).
9. Kumar, A., Pratap, B. (2018). Luminescent Materials in Lighting, Display, Solar Cell, Sensing, and Biomedical Applications. Ed. S. Pyshkin. Taylor & Francis Group. 142 p. URL: <https://doi.org/10.5772/intechopen.82123>.
10. Mattiello, S. et al. (2021). First demonstration of the use of open-shell derivatives as organic luminophores for transparent luminescent solar concentrators. Materials Advances, Vol. 2, № 22, P. 7369–7378. URL: <https://doi.org/10.1039/d1ma00659b>.
11. Kleiner, K. (2021). Will Glow-in-the-Dark Materials Someday Light Our Cities? Knowable Magazine. URL: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/will-glow-in-the-dark-materials-someday-light-our-cities180979075/>.

Sharma, R., Bairagi, N. (2018). The Role of Photoluminescent Pigments in Textiles. Trends in Textile Engineering & Fashion Technology, Vol. 2, № 2. URL: <https://doi.org/10.31031/tteft.2018.02.000533>