

В. Б. Репета¹
Ю. А. Кукура¹
В. Г. Слободяник¹

ПОТЕНЦІЙНА НЕБЕЗПЕКА УФ-ФАРБ В ПРОЦЕСІ ДРУКУВАННЯ ПАКУВАНЬ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ І ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

¹Українська академія друкарства, Львів

Розглянуто проблему потенційної небезпеки УФ-фарб з радикальним механізмом фотоініційованої полімеризації в процесі друкування та експлуатації пакувань для харчової та фармацевтичної продукції. Вказуючи на високий рівень екологічності технології застосування УФ-фарб, у яких відсутні леткі органічні розчинники, зазначається проблема їх застосування через можливу міграцію компонентів з фарбового шару і відповідно виникнення небезпеки забруднення продукції під час пакування. Проведено аналіз процесів, які відбуваються під час реакції радикальної полімеризації, вказано причини міграції компонентів друкарської фарби і побічних продуктів як результату проходження фотоініційованої полімеризації в аеробних умовах. Відповідно, невеликі кількості непрореагованих компонентів залишаються вмонтованими у тривимірній полімерній сітці і становлять основну масу тих компонентів, які можуть вільно дифундувати з фарбового шару. Проаналізовано фактори, які є причиною відмови від застосування деяких типів олігомерів, мономерів і фотоініціаторів для створення фотополімеризаційноздатних фарбових композицій. Адже непрореаговані залишки компонентів, дифундуючи і мігруючи, залежно від хімічної структури, можуть чинити токсичну чи канцерогенну дію на живі організми. Проведений аналіз дозволив провести класифікацію способів мінімізації міграції компонентів УФ-фарб під час друкування пакувань, а саме, способи з мінімізації міграційної здатності компонентів УФ-фарб можна розділити на два типи: хімічні і фізичні. За хімічного способу проводиться ретельний підбір компонентів УФ-фарби та введення синергетиків, а за фізичного — дотримання технологічних режимів, зменшення концентрації кисню як в атмосфері, так і в рідкій композиції шляхом створення інертного газового середовища та створення ефективних бар'єрів ламінуванням.

Ключові слова: УФ-фарби, радикальна фотополімеризація, міграція, небезпека, пакування.

Вступ

Розвиток друкарських технологій супроводжується не тільки поліпшенням якості друкованої продукції, збільшенням швидкості проведення технологічних операцій, але й врахуванням світових та національних концепцій сталого розвитку, зокрема і щодо збільшення енергоефективності [1]. Одним з ефективних напрямів розвитку друкарських технологій є використання фотополімеризаційноздатних фарб (УФ-фарб). Одержання відбитків, які не потребують часу для остаточного висихання фарб, уможливили подальшу їх обробку без технологічних простоїв. УФ-фарби є так званими «100 %-ми системами», не виділяють на етапі виробничого поліграфічного процесу летких розчинників [2] і є безпечнішими порівняно зі спирторозчинними нітроцелюлозними друкарськими фарбами. Це ж стосується етапу виробництва УФ-фарб для поліграфічної промисловості, що робить УФ-технологію менш шкідливою стосовно впливу на людину і довкілля.

За результатами дослідження аналітичних компаній, у 2021 році світовий ринок друкарських УФ-фарб оцінюється в 1275,50 мільйонів доларів США, при цьому прогнозується його середньорічне зростання протягом періоду 2022—2027 років на 4,3...4,5 % [3], [4]. При цьому найбільше зростання припадає на сегменти друкування пакувань і текстилю [4].

Ще донедавна велася дискусія щодо рівня екологічності технології застосування УФ-фарб, на сьогодні провідні виробники друкарських фарб вже пропонують технології переробки, зазначаючи, що фотополімерний фарбовий шар є тільки малою часткою пакувальної продукції що підда-

ється рециклінгу [5]. Використання органічних розчинників у операціях технологічного процесу підготовки машини до друкування також перестало бути проблемним завдяки рециклінгу відпрацьованих розчинів дистиляцією. Близько 90 % використаних на виробництві розчинників повертаються для повторного застосування [6]. Іншим боком проблеми застосування УФ-фарб є можлива міграція компонентів з фарбового шару і відповідно виникнення потенційної небезпеки під час друкування пакувань для харчової і фармацевтичної продукції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Регулювання у сфері застосовуваних матеріалів, які призначені для прямого і непрямого контакту з харчовою продукцією, закріплено низкою регулятивних документів. Першим з таких регулятивних документів став Регламент ЄС, прийнятий в 2004 році. Лідером щодо забезпечення безпечності пакувань та встановлення вимог щодо компонентного складу друкарських фарб є компанія Nestle [7]. В 2021 році в Німеччині схвалили 21-шу поправку щодо регулювання використання тільки тих хімічних речовин в друкарських фарбах для виробництва споживчих товарів, які входять до списку дозволених [8]. Вимоги щодо застосування хімічних речовин та практичні рекомендації для поліграфічного виробництва пропонує асоціація EuPIA (European Printing Ink Association) [9]. Проблеми щодо міграції фарб висвітлюють і самі виробники друкарських фарб з пропозицією використання нових низькоміграційних фарбових систем [10], [11]. Посилення державних норм щодо пакувань і маркування та зростання попиту на пакування для харчової промисловості стали основним рушієм зростання ринку фарб з низьким рівнем міграції. За період з 2019 по 2024 рік для них прогнозується 8 % середньорічне зростання [12].

У статті [13] оцінено вплив на навколишнє середовище фарб і розчинників та ризиків, які виникають у поліграфічній промисловості. В роботі [14] на основі органолептичного аналізу друкарських фарб побудовано прогностичну модель впливу ступеня висихання та молярної маси на міграційну здатність компонентів фарби. Проблеми міграції компонентів спиртових друкарських фарб висвітлено у статті [15].

Мета статті — встановлення тенденцій щодо мінімізації міграції та шкідливого впливу компонентів УФ-фарб під час виробництва та експлуатації харчових і фармацевтичних пакувань.

Виклад основного матеріалу дослідження

Якщо говорити про фотополімеризаційноздатні фарби, то слід зазначити, що за механізмом фотоініційованої полімеризації вони діляться на два типи: радикальні і катіонні. УФ-фарби з катіонним механізмом фотополімеризації займають частку ринку флексографічного друку на поліамідних плівках у харчових виробництвах і характеризується постполімеризацією, тобто реакція фотополімеризації проходить і після УФ-опромінення. Фарбовий шар є інертним і не впливає на навколишнє середовище. Отже, далі мова буде йти про системи з радикальним механізмом фотополімеризації.

Основними компонентами в'язучого УФ-фарб з радикальним механізмом фотополімеризації є олігомери, мономери з класу акрилатів, фотоініціатори та домішки. Стосовно кожного з цих компонентів існують застереження щодо безпечного застосування під час друкування пакувань. Незважаючи на те, що акрилатні олігомери відрізняються високою молярною масою, і не здатні до міграції, однак до використання епоксикарилатів є застереження. Епоксикарилатні олігомери є продуктом реакції між епоксидною смолою і акриловою кислотою, у свою чергу, для одержання епоксидної смоли використовується шкідлива для людини сполука — бісфенол А [16]. Можлива присутність залишків бісфенолу і є причиною таких обмежень.

Відомо, що здатність до міграції мають низькомолекулярні сполуки, і відповідно увагу приділяють таким компонентам як мономери і фотоініціатори [17]. Обмеженню підлягають такі мономери як бутандіол диакрилат, диетиленгліколь диакрилат, ізодецилакрилат, октілакрилат, фенокси етилакрилат, тобто сполуки з малою функціональністю і низькою реакційною здатністю під час фотополімеризації в аеробних умовах, непрореаговані залишки яких будуть здатні до міграції. При цьому враховується саме проходження процесу радикальної полімеризації, адже існує низка факторів, які перешкоджають його повноцінному проходженню і повна конверсія всіх компонентів УФ-фарби під час фотополімеризації не буде досягати максимального рівня, оскільки не всі компоненти можуть брати участь у радикальній полімеризації системи. Фотоініційована радикальна полімеризація УФ-фарб сильно гальмується на усіх стадіях процесу киснем повітря, тому співвід-

ношення між фотохімічними та іншими фотопроцесами визначає розмір квантового виходу фотохімічних реакцій. Молекула кисню може утворити структуру з двома радикалами, що надає їй реакційної здатності у відношенні до вільних радикалів і їх збуджених станів. Молекулярний кисень бере участь в реакціях на трьох основних рівнях: придушення збудженого стану фотоініціатора, поглинання ініціюючих радикалів і поглинання утворених радикалів зі зростанням ланцюга полімеру, що також сприяє утворенню низькомолекулярних полімерів [18]. Розрив подвійних зв'язків мономерів або олігомерів та утворення одинарних зв'язків у макромолекулах спричиняє зміну молярного об'єму та густини.

Невеликі кількості непрореагованих компонентів залишаються вмонтованими у тривимірній полімерній сітці. Вони і становлять основну масу тих компонентів, які можуть вільно дифундувати з полімерної сітки. Уламки інгібіторів і стабілізаторів також можуть дифундувати через полімерні пакувальні плівки.

Вищевказані особливості просторової радикальної фотополімеризації і мікрогетерогенний характер структури перешкоджає 100 %-й конверсії агентів, що зшивають, відповідно незначна частина мономерів залишається непрореагованою. Вони достатньо леткі, що призводить до наявності залишкового запаху полімеризованого шару УФ-фарби і його токсичної дії у разі контакту з харчовими чи фармацевтичними продуктами. Хоча застосування таких фарб не передбачає прямого контакту з запакованим продуктом, існує ймовірність міграції непрореагованих компонентів під час друкарських процесів чи подальших післядрукарських операцій, оскільки в рулонах фарбовий шар знаходиться у безпосередньому контакті з незадрукованою стороною плівок.



Рис. 1. Схема фотодисоціації ініціатора «Omnirad 1173»

Відповідно перед розробниками УФ-композицій стоїть задача створення композиції, яка буде максимально реакційноздатною у разі опромінення актинічним УФ-випромінюванням, найменш чутливою до інгібуючої дії кисню і з мінімальною здатністю компонентів фарбового шару до міграції. Наприклад, за використання фотоініціатора «Omnirad 1173» з молекулярною масою 164 г/моль, хоча він має високу реакційну здатність, у процесі фотодисоціації (рис. 1) утворюється низка продуктів (зокрема, диметилкетон з молярною масою 58 г/моль), здатність мігрувати якого досить висока. Одним зі шляхів підвищення ефективності полімеризації УФ-фарб є синтез олігомерних і полімерних фотоініціаторів з великою молекулярною масою і високим коефіцієнтом екстинкції.

Обидва типи фотоініціаторів мають мінімальну здатність до дифузії і міграції через велику молярну масу в межах 600...1000 г/моль. Це, до прикладу, такі марки фотоініціаторів, як Esacure KIP 150 (олігомерний поліфункціональний α -гідроксиалкілфенон) з молярною масою 800 г/моль, Omnirad-2702 (полімеризований бензофенон) з молярною масою 620 г/моль, Omnirad-910 (полімеризований аміноалкілфенон) з масою 1039 г/моль. Як видно з рис. 2, фотодисоціація фотоініціатора Esacure KIP 150 призводить до утворення радикалів з більшою молярною масою, в свою чергу, реакція розпаду призводить до утворення полімерного ланцюга, зокрема з елементів фотоініціатора, та подальшого його зростання.

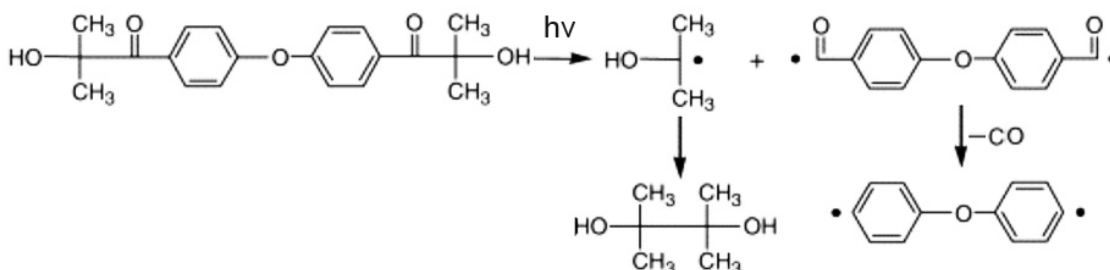


Рис. 2. Схема фотодисоціації ініціатора «Esacure KIP 150»

Для створення синергетичного ефекту в радикальній фотополімеризації і тим самим зменшення інгібування реакції киснем повітря, на заміну низькомолекулярних акриламідних домішок промисло-

вість пропонує високомолекулярні, наприклад, полі(етиленгліколь)біс(диметиламінобензоат), молярна маса якого 500 г/моль.

Сьогодні на ринку поліграфічних матеріалів наявні такі марки флексографічних УФ-фарб з низькою здатністю до дифузії та міграції: UV LED EkoCure (Flint Group), SunCure LM (Sun Chemical Corporation), Iray (Huber Group), UV FLEXO INKS STRERAFLEX FOOD, EXCURE 50000Z, LM INKS EXCURE 20000M (Toyo Inks), SICURA Nutriflex 10 (Siegwerk Druckfarben), BoFood MU CMS (Epple Druckfarben), INXFlex (INX International), UVAFLEX FCM (Zeller+Gmelin), Sericol Flexo JF (Fujifilm Sericol), UV Supraflex LMI (Jänecke + Schneemann Druckfarben GmbH), UV SAFFIR (T&K TOKA Corporation).

Ще одним зі способів поліпшення процесу радикальної полімеризації є використання інертного газового середовища. Для цього в зону опромінення подається вуглекислий газ, азот або аргон [19]—[22]. Це дозволяє знизити концентрацію молекул кисню і таким чином усунути його інгібуючий вплив на радикальну полімеризацію. У випадку з вуглекислим газом, то його підвищена здатність розчинятися у органічних рідинах дозволяє витіснити молекули кисню і з рідкої фарбової композиції. Усунення кисню та його гальмівного впливу дозволяє настільки ефективно проводити фотополімеризацію, що сама композиція вже не потребує такої концентрації фотоініціаторів, яка зазвичай складає 6...10%. Дослідженнями [23] встановлено, що це дає можливість знизити концентрацію фотоініціатора в 10 разів, а це знову ж таки, не тільки поліпшує експлуатаційні показники фарбового покриття, але через зниження концентрації фотоініціаторів, мінімізує їх міграційну здатність, адже незначна кількість низькомолекулярних фотоініціаторів в композиції УФ-фарби завжди присутня.

У процесі фотоініційованої полімеризації УФ-фарб пігменти конкурують з фотоініціаторами у разі поглинання УФ-випромінювання, вони заломлюють, поглинають і зменшують інтенсивність активнісного випромінювання. Значний вплив на величину конверсії має концентрація пігментів та товщина фарбового шару. У випадку застосування білого пігменту оксиду титану чи чорного — технічного вуглецю, цей вплив є яскраво вираженим. Враховуючи тип пігментів, здійснюється підбір суміші фотоініціаторів з різними спектрами поглинання та високими коефіцієнтами екстинції, і використання джерел випромінювання з довгохвильовим УФ-спектром. Джерела УФ-випромінювання (газорозрядні лампи, LED-системи) мають відповідний термін експлуатації. Отже, процес УФ-друку вимагає контролю та дотримання технологічного режиму операції опромінення певного типу лакофарбового покриття і забезпечення достатньої дози енергії для ефективного ініціювання радикальної полімеризації і отримання фарбових шарів з високими експлуатаційними властивостями і мінімальною здатністю до міграції компонентів.

Для мінімізації міграції чи її унеможливлення взагалі в поліграфічній і пакувальній промисловості застосовується операція ламінування, у якій фарбовий шар ізолюється приклеюванням полімерної плівки [24]. Згідно з рекомендаціями FDA найефективнішим бар'єром є поліетилентерефталатні плівки [25].

Проведений аналіз дозволив провести класифікацію способів мінімізації міграції компонентів УФ-фарб в процесі друкування пакувань (рис. 3). Їх можна розділити на два види: хімічний, коли проводиться ретельний підбір компонентів УФ-фарби та введення синергетиків і фізичний, який включає дотримання режимів опромінення, зменшення концентрації кисню в атмосфері і в рідкій композиції шляхом подавання інертного газу і створення ефективних бар'єрів ламінуванням.

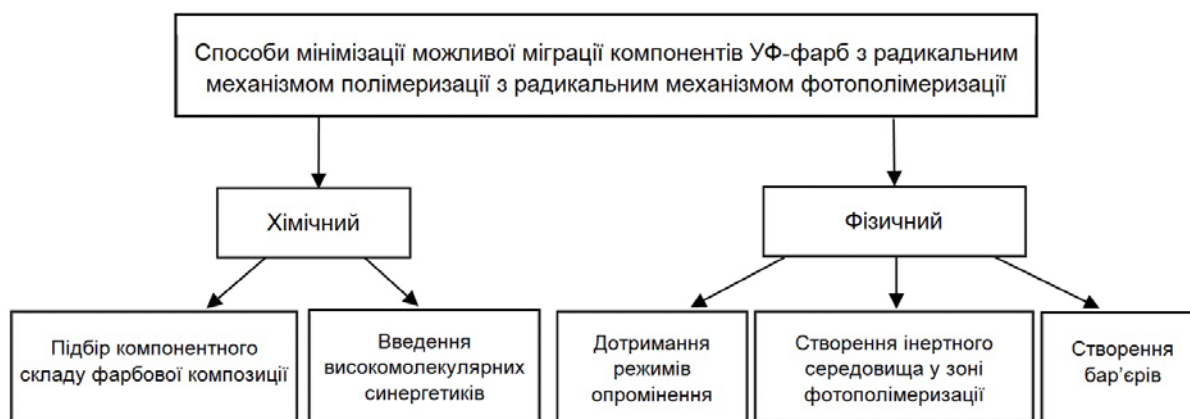


Рис. 3. Мінімізація можливої міграції радикальних УФ-фарб в процесі друкування пакувань

Висновки

Вимоги щодо компонентного складу друкарських фарб для друкування пакувань харчової і фармацевтичної продукції стало зростають. Паралельно вдосконалюються і поліграфічні технологічні процеси у напрямку збільшення енергоефективності і забезпечення мінімального впливу виробництв на навколишнє середовище. Причиною потенційної міграційної здатності компонентів УФ-фарб з радикальним механізмом полімеризації є їхня низька молярна маса та інгібуючий вплив молекулярного кисню повітря на процес фотополімеризації. Гальмівний вплив кисню мінімізується застосуванням інертного газового середовища чи додаванням синергетиків, що інтенсифікують механізм полімеризації. Разом з тим, проходження радикальної полімеризації залежить і від якості самого процесу друкування, у якому необхідно узгодити спектри джерел УФ-випромінювання з особливостями самих пігментованих фарбових композицій та товщиною фарбового шару на відбитку, і контролювати інтенсивність УФ-випромінювання протягом усього періоду експлуатації УФ-джерела. Ізоляція фарбового шару шляхом проведення ламінування PET плівками також є ефективним способом боротьби з міграцією, хоча ускладнює технологічний процес додатковою операцією і утруднює процес рециклінгу пакувань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] K. Puymbroeck, *The benefits of UV LED print technology*, 2022. [Electronic resource]. Available: <https://www.agfa.com/printing/paper/the-benefits-of-uv-led-print-technology> . Accessed: 2 September 2022.
- [2] В. Б. Репета, *Флексографічний друк етикетки УФ-фарбами: забезпечення якості процесу*, моногр. 2021, 272 с.
- [3] *UV Cured Printing Inks Market (2022–27). Industry Share, Size, Trends*. 2022. [Electronic resource]. Available: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/uv-cured-printing-inks-market> . Accessed on: 6 September 2022.
- [4] *UV Cured Printing Inks Market – Global Industry Analysis and Forecast (2022–2027)*. [Electronic resource]. Available: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-uv-cured-printing-inks-market/110553/> . Accessed: 15 September 2022.
- [5] *Ink World. The UV Ink Market Continues to Thrive*. 2022. [Electronic resource]. Available: https://www.inkworldmagazine.com/issues/2022-04-01/view_features/the-uv-ink-market-continues-to-thrive . Accessed: 6 September 2022.
- [6] Д. Рот, «Розумний та ефективний спосіб відновлення промивних розчинників», *Упаковка*, № 6, с. 25–26, 2021.
- [7] *Nestle Guidance Note on Packaging Inks*. 2018. [Electronic resource]. Available: <https://www.nestle.com.pe/sites/g/files/pydnoa276/files/nosotros/informacion-proveedores-nestle/documents/actualizacion%202019/guidance%20note%20on%20packaging%20inks%20-%20version%202018.pdf> . Accessed: 18 August 2022.
- [8] *Swiss Ordinance On Materials And Articles In Contact With Food (SR 817.023.21)*. [Electronic resource]. Available: https://www.eupia.org/fileadmin/FilesAndTradExtx_edm/2021-04-28_Swiss_FCM_Ordinance_-_EuPIA_QA_regarding_non-DFC_FCM_Inks.pdf . Accessed: 12 August 2022.
- [9] *Germany Adopts Printing Inks Ordinance*. [Electronic resource]. Available: <https://www.packaginglaw.com/news/germany-adopts-printing-inks-ordinance> . Accessed: 26 September 2022.
- [10] *Energy Curable Flexographic Inks for Low Migration Applications*. August. 2022. [Electronic resource]. Available: https://www.actega.com/medias/sys_master/documents/h3d/h97/8967112065054/WhitePaper_Inks_for_LM_Applications/WhitePaper-Inks-for-LM-Applications.pdf . Accessed: 6 September 2022.
- [11] *Inks & coatings for Food Packaging Applications INX International products*. [Electronic resource]. Available: <https://www.inxinternational.com/sites/default/files/pdf/INX%20Low%20Migration%20Brochure.pdf> . Accessed: 7 September 2022.
- [12] *Worldwide Low Migration Ink Industry to 2024 – Trends, Forecast and Competitive Analysis*. [Electronic resource]. Available: <https://www.businesswire.com/news/home/20201012005377/en/Worldwide-Low-Migration-Ink-Industry-to-2024---Trends-Forecast-and-Competitive-Analysis---ResearchAndMarkets.com> . Accessed: 7 September 2022.
- [13] Cem Aydemir, and Samed Ayhan Özsoy, “Environmental impact of printing inks and printing process,” *Journal of Graphic Engineering and Design*, vol. 11 (2). pp. 11-17, 2020.
- [14] Vyacheslav Repeta, Valeriy Zhydetskyu, Olga Cherednichenko and Ihor Liakh, “Modeling with Fuzzy Logic the Migration Capacity of UV-ink Components as a Factor of Potentially Harmful Pollution of Packaging,” in *Intelligent Information Technologies Systems of Information Security 2021 (IntelITSIS 2021)*, Khmelnytskyi, Ukraine, March 24–26, pp. 83-89.
- [15] В. Б. Репета, і Ю. А. Кукура, «Потенційна небезпека спирторозчинних флексографічних фарб для друку гнучких пакувань», *Наукові записки / Scientific Papers*, № 1(64), с. 86-95, 2022. <https://doi.org/10.32403/1998-6912-2022-1-64-86-95> .
- [16] *Substitution of bisphenol A in epoxy resins for lining food containers*. 2022. [Electronic resource]. Available: https://www.fitreach.eu/sites/default/files/editor/Images/publications/Case%20story_%20Bisphenol%20A.pdf . Accessed: 6 September 2022.
- [17] Tatjana Jamnicki, and Sonja Jamnicki Hanzer, “Migration of ITX (Isopropyl Thioxantone) from Tetra Pak Bricks into Food,” *ACTA GRAPHICA Journal for Printing Science and Graphic Communications*, no. 21 (1-2). pp. 7-13, 2010.
- [18] C. Decker, T. Bendaikha, M. Fizet, and J. Faure, “Oxygen inhibition in UV curing,” *Speciality chemicals*, 6, no. 2, pp. 20-22, 1986.
- [19] Bonnie Bedolla, *Flint Improving Properties of UV Flexo Inks By Curing Under Nitrogen Ink*, 2019. [Electronic resource]. Available: https://www.inkworldmagazine.com/issues/2003-06/view_features/improving-properties-of-uv-flexo-inks-by

curi . Accessed: 6 August 2022.

[20] *Nitrogen reduced printing*. 2022. [Electronic resource]. Available: [https://www.ist-uv.de/fileadmin/user_upload/ Unternehmen/Praesentationen/Inert_03-20_EN.pdf](https://www.ist-uv.de/fileadmin/user_upload/Unternehmen/Praesentationen/Inert_03-20_EN.pdf) . Accessed: 13 August 2022.

[21] Katia Studer, Christian Decker, Erich Beck and Reinhold Schwalm, "Overcoming oxigen inhibition in UV-curing of acrylate coatings by carbon dioxide inerting: Part I," *Progress in Organic Coatings*, no. 48, pp. 92-100, 2003.

[22] В. Репета, і В. Шибанов, «Вплив природи газового середовища на кінетику фотополімеризації УФ-лаквів,» *Комп'ютерні технології друкарства*, № 13, с. 266-268, 2005.

[23] В. Б. Репета, і В. В. Шибанов, «Вплив газового середовища на кінетику фотополімеризації УФ-лаквів,» на *Матеріали першої міжнародної науково-практичної конференції «Науковий потенціал світу 2004»*, т. 75, Хімія та хімічні технології. Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004, с. 34-35.

[24] James E. Goodrich. *UV/EB Inks Are Suitable for Laminated Structures – Paper, Film & Foil Converter*. [Electronic resource]. Available: https://www-pffc--online-com.translate.goog/print/inks/6620-uv-ev-inks-structure-1008?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=uk&_x_tr_hl=uk&_x_tr_pto=sc . Accessed: 16 July 2022.

[25] *Use of Recycled Plastics in Food Packaging (Chemistry Considerations): Guidance for Industry*. 2021. [Electronic resource]. Available: <https://www.fda.gov/media/150792/download> . Accessed: 13 August 2022.

Рекомендована кафедрою екології, хімії та технологій захисту довкілля ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 12.10.2022

Репета Вячеслав Богданович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри поліграфічного матеріалознавства і хімії, e-mail: vreneta@gmail.com ;

Кукура Юрій Андрійович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри поліграфічного матеріалознавства і хімії, e-mail: yurii.lviv@gmail.com ;

Слободяник Валентина Григорівна — канд. техн. наук, старший викладач кафедри поліграфічного матеріалознавства і хімії, e-mail: slobvalya33@gmail.com .

Українська академія друкарства, Львів

V. B. Repeta¹
Yu. A. Kukura¹
V. H. Slobodanyk¹

Potential Danger of UV-Inks when Printing Packaging for Food and Pharmaceutical Products

¹Ukrainian Academy of Printing, Lviv

The article is devoted to the problem of the potential danger of UV-inks with radical mechanism of photoinitiated polymerization during printing and operation of packages for food and pharmaceutical products. Pointing to the high level of environmental friendliness of the technology the use of UV-inks, which do not contain volatile organic solvents, their problem is noted application due to the possible migration of components from the ink layer and accordingly the risk of product contamination during packaging. An analysis of the processes occurring during the reaction was carried out radical polymerization, the reasons for the migration of printing ink components and by-products as a result of undergoing photoinitiated polymerization in aerobic conditions. Accordingly, small amounts of unreacted components remain embedded in a three-dimensional polymer mesh and constitute the bulk of those components which can freely diffuse from the ink layer. The factors as the reason were analyzed refusal to use some types of oligomers, monomers and photoinitiators for the creation photopolymerizable ink compositions. Unreacted component residues, diffusing and mixing, depending on the chemical structure, can have a toxic or carcinogenic effect on living organisms. The analysis made it possible to classify ways of minimizing migration components of UV-inks when printing packages, namely, ways to minimize migration. The properties of UV-inks components can be divided into two types: chemical and physical. At the chemical method is a careful selection of UV-inks components and introduction synergists, and in the case of physical - compliance with technological regimes, reduction the concentration of oxygen both in the atmosphere and in the liquid composition by creating an inert gas environment and the creation of effective barriers by lamination.

Keywords: UV-inks, radical photopolymerization, migration, danger, packaging.

Repeta Viacheslav B. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Printing Materials Science and Chemistry, e-mail: vreneta@gmail.com ;

Kukura Yurii A. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Printing Materials Science and Chemistry, e-mail: yurii.lviv@gmail.com ;

Slobodanyk Valentyna H. — Cand. Sc. (Eng.), Senior Lecturer, Associate Professor of the Chair of Printing Materials Science and Chemistry, e-mail: slobvalya33@gmail.com