

УДК 504.75.05

ПОТЕНЦІЙНА НЕБЕЗПЕКА СПИРТОРОЗЧИННИХ ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ ФАРБ ДЛЯ ДРУКУ ГНУЧКИХ ПАКОВАНЬ

В. Б. Репета, Ю. А. Кукура

Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Praemonitus, praemunitus

Висвітлено проблему потенційної небезпеки спирторозчинних флексографічних фарб та міграції їх компонентів під час друку та експлуатації гнучких паковань для харчової та фармацевтичної продукції. Проведено аналіз світових тенденцій щодо обмеження шкідливих речовин під час виробництва спирторозчинних флексографічних друкарських фарб та прийнятих регулюючих документів. Описано приклади можливої міграції компонентів друкарських фарб у процесі виробництва паковань. Встановлено фактори, від яких залежить процес дифузії речовин з нанесеного фарбового шару, і відповідні заходи щодо унеможливлення цього процесу при експлуатації паковань. Аналіз показав, що заходи з мінімізації шкідливого впливу спирторозчинних друкарських фарб можна розділити на два типи: хімічний, коли проводиться ретельний підбір компонентів фарбової композиції, і фізичний — із створенням ефективних бар'єрів з врахуванням експлуатаційних особливостей гнучкого пакування.

Ключові слова: флексографічні спирторозчинні фарби, гнучкі пакування, шкідливість, міграція, дифузія, бар'єрні шари.

Постановка проблеми. Виробництво та застосування друкарських фарб упорядковане розвитком друкарських технологій супроводжуються не тільки удосконаленням їх композиційного складу з погляду забезпечення якості процесів, а також і врахуванням зростаючих вимог щодо їх екологічної безпеки та ресурсоощадливості. Особлива увага при цьому приділяється друкарським фарбам для виробництва харчових та фармацевтичних паковань. Якщо взяти до уваги результати аналізу світового ринку друкарських фарб у 2020 році (рис. 1) [1], то відсоток друкарських фарб на основі органічних розчинників становив близько 43 %, що є найбільшою часткою порівняно з іншими типами друкарських фарб. Якщо ж взяти до уваги компонентний склад, наприклад, флексографічних спирторозчинних фарб, то й там вміст органічних розчинників є найбільшим: композиція фарби містить 40–60 % відповідних органічних розчинників, в'язучого — 15–25 %, пігменту — 10–15 % і домішок — 5 %.

Спостерігаються тенденції заміни застосування спирторозчинних фарб на водорозчинні, але на сьогодні такі фарби поступаються за багатьма характеристиками,

особливо під час друкування на полімерних поверхнях. Найбільш близькими властивостями до спирторозчинних фарб є фотополімеризаційноздатні фарби. Вони є альтернативою, коли необхідно обмежити застосування летких розчинників. Хоча й досі ведеться дискусія щодо рівня екологічності технології застосування УФ-фарб, адже при їх використанні для змивання елементів фарбового апарату використовуються леткі розчинники. Дотримання ж режимів технологічного процесу з використанням УФ-фарб з низькоміграційними властивостями дають змогу застосовувати їх під час виробництва харчових і фармацевтичних паковань.

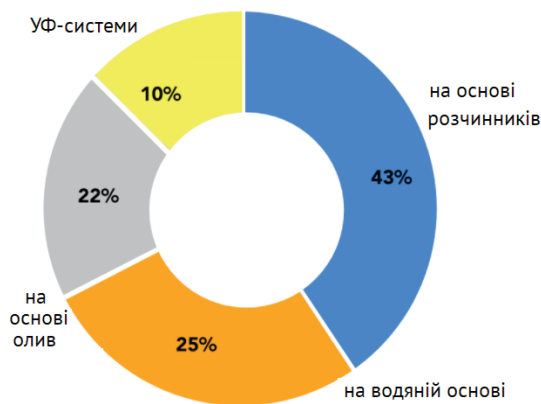


Рис. 1. Світовий ринок друкарських фарб за типом плівкоутворення

Аналіз останніх досліджень та публікацій. З початку нового десятиліття щораз більша увага приділяється безпеці паковань для харчової і фармацевтичної продукції. Регулювання у сфері застосовуваних матеріалів закріплено низкою документів. Першим з таких регулятивних документів став Регламент ЄС, прийнятий в 2004 році, згідно з яким матеріали і вироби, які призначені для прямого і непрямого контакту з харчовою продукцією, мають бути інертними, щоб не допустити перенесення речовин на харчовий продукт в кількості, що буде небезпечною для людини [2]. Компанією, яка вперше встановила вимоги щодо застосування друкарських фарб з відповідними обмеженнями в компонентному складі, стала Nestle, а Швейцарія — першою європейською країною [3, 4]. Тільки в 2021 році в Німеччині була прийнята постанова щодо застосування друкарських фарб для харчових паковань з поступовим усуненням шкідливих компонентів до 2026 року. Окремим об'єднанням, яке пропагує дотримання вимог щодо застосування тих чи інших компонентів у друкарських фарбах та пропонує практичні рекомендації для відповідних виробництв, є асоціація EuPIA (European Printing Ink Association). Українські виробники гнучких паковань чи друкарських фарб опираються у своїй практиці на закордонні вимоги. Щодо встановлення шкідливого впливу паковань в Україні прийнятий стандарт сенсорного аналізу паковань ISO 13302-2003 [5]. У статті [6] проведено оцінювання впливу на навколишнє середовище фарб і розчинників та ризиків, які виникають у поліграфічній промисловості. Проблеми утилізації водорозчинних

друкарських фарб, розчинників, змивок та підбору матеріалів для зниження витрат на переробку і впливу на навколишнє середовище присвячена стаття [7]. У праці [8] проведено дослідження органолептичного аналізу друкарських фарб та побудовано прогностичну модель впливу ступеня висихання та молекулярної маси компонентів фарби на міграційні показники сформованого фарбового шару.

Мета статті — встановлення основних світових тенденцій щодо мінімізації потенційного шкідливого впливу компонентного складу спирторозчинних флексографічних друкарських фарб під час виробництва та експлуатації гнучких паковань.

Виклад основного матеріалу дослідження. Якщо говорити про в'язуче спирторозчинних друкарських фарб, то це високомолекулярні речовини, які забезпечують стабільність пігментної дисперсії і твердіння фарбового шару в міру випаровування летких розчинників. Залежно від сфери застосування в'язучі можуть бути на основі нітроцелюлози, поліуретану, полівінілбутирала. Найбільше застосування отримали нітроцелюлозні в'язучі, але це стосується фарб, шари яких на пакованні не будуть піддаватися термічній дії, зокрема це пакування для сухих товарів. Для паковань, які будуть ламінуватися чи піддаватися термічному впливу, зокрема й термозбіжних, використовують в'язучі на основі поліуретану чи його суміші з нітроцелюлозою. Для друкування на металевому пакованні з наступною термомобробкою також рекомендується поліуретанове в'язуче.

Фарби на основі полівінілбутирала не отримали широкого застосування через низьку зносостійкість фарбового шару, також виникають труднощі несумісності з органічними розчинниками при змиванні фарбових флексографічних апаратів. Усі вищеперераховані в'язучі при відповідному застосуванні будуть забезпечувати безпечність сформованих фарбових шарів на пакуваннях. Крім того, є необхідність утилізації відходів флексографічного виробництва, що містять залишки в'язучого після операції рециклінгу змивних розчинів.

Якщо ж говорити про розчинники, які використовуються у фарбових композиціях, то щодо них встановлені деякі обмеження, які вимагають якщо не повного їх усунення, то мінімального застосування. Насамперед це стосується мінімізації забруднення навколишнього середовища і відповідного шкідливого впливу на людину. Шкідливий вплив органічних розчинників можливий на етапі виробництва друкарських фарб, на етапі використання у технологічних процесах друкування і на етапі експлуатації паковань насамперед для харчових і фармацевтичних паковань.



Рис. 2. Етапи можливого шкідливого впливу компонентів спиртових друкарських фарб

На кожному етапі вживаються заходи щодо мінімізації таких шкідливих впливів. Зокрема, згідно з вимогами [8, 9] до спирторозчинних флексографічних фарб для харчових паковань обмеженню підлягають такі розчинники: 2-метоксиетанол, 2-етоксиетанол, 2-метоксиетилацетат, 2-етоксиетилацетат, моноклорбензол, 2-нітропропан, метанол, толуол, метилетилкетон, бензол. Ці розчинники характеризуються високою токсичною і канцерогенною дією на живі організми.

Наступним джерелом забруднення є застосування деяких видів пігментів, що можуть також чинити канцерогенну дію. Зокрема, це так звані пігменти «fanal», отримані на основі родаміну. Вони можуть містити його залишки і, хоча забезпечують високу насиченість кольорів, характеризуються низькою стійкістю і здатністю до міграції: Pigment Red 81, Rhodamine 6G, Pigment Red 169, Pigment Red 169, Pigment Red W, Pigment Blue 1, Pigment Blue 62, Pigment Violet 1, Pigment Violet 2, Pigment Violet 3, Pigment Violet 27, Pigment Violet 39 [3]. Винятками також є неорганічні пігменти на основі сполук стибію, арсену, кадмію, хрому (VI), плюмбуму, меркурію, селену [10].

Обмеження стосуються і деяких пластифікаторів, додавання яких у фарбову композицію покращує еластичність сформованого шару на відбитку. EuPIA не рекомендує застосовувати естери фталевої кислоти, хлоровані нафталіни, хлоровані парафіни, монокрезилфосфат, трикресилфосфат, монокрезилдифенілфосфат [11]. Причиною відмови від цих хімічних сполук є їх токсичність із тривалими наслідками як для людини, так і для водних організмів.

Далі розглянемо причини шкідливого впливу фарб, якими були віддруковані пакування для харчової чи фармацевтичної продукції. Причиною можливого шкідливого впливу є міграція компонентів друкарської фарби. Як видно з рис. 3, забруднення паковань може відбуватися через контакт зворотної сторони плівки з віддрукованою, проникання (дифузії) компонентів фарби як на поверхню фарбового шару, так і через задруковуваний матеріал, випаровування компонентів фарбового шару у навколишнє середовище [12].

Велика увага під час дослідження потенційної небезпеки забруднення вмісту паковань приділяється саме процесу дифузії. Дифузія — самочинний процес, в результаті якого відбувається перерозподіл речовини між різними частинами системи (фарбового шару) через хаотичний рух молекул, при цьому дифузійний потік речовин направлений у бік зниження концентрації, тобто сама система прагне до рівноваги [13, 14]. Дифундувати можуть насамперед органічні розчинники і пластифікатори з низькою молекулярною масою. Також потенційну небезпеку містять вищевказані нестійкі фарбуючі речовини.

На процес дифузії впливають такі фактори, як форма молекул, молекулярна маса компонентів, температура і хімічна природа задрукованого матеріалу. Розгалужені і циклічні молекули речовин дифундують набагато повільніше порівняно з молекулами лінійної будови [14], аналогічний вплив і молекулярної маси дифундуючих речовин, що пояснюється меншою ймовірністю виникнення мікропорожини відповідного розміру для більших молекул [15]. Емпіричне рівняння впливу молекулярної маси на процес дифузії має лінійний характер і відоме як рівняння

Ауербаха [16]. Пористі задруковані матеріали можуть забезпечити тільки короточасне сповільнення дифузії через збільшення шляху проходження молекул через звивистість капілярів, що є характерним для паперових структур. Дифузія в непористих матеріалах залежить лише від температури, водночас на дифузію в пористих матеріалах температура суттєвого впливу немає [17], оскільки швидкість такої дифузії є набагато більшою, що нівелює вплив температури. Зі збільшенням температури інтенсивність теплового руху молекул збільшується, відповідно і швидкість дифузії зростає. Температурна залежність коефіцієнта дифузії, згідно із рівнянням Арреніуса, відбувається експоненціально [18]. Врахування вищеперерахованих факторів і надає можливість у кожному конкретному випадку спрогнозувати потенційну міграцію компонентів друкарських фарб.

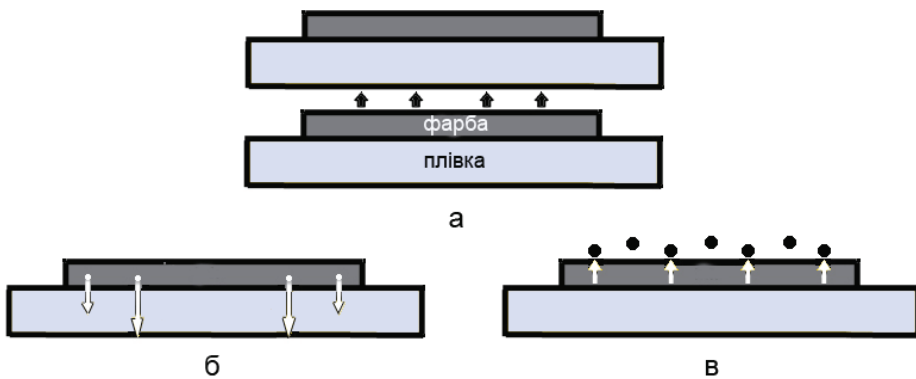


Рис. 3. Міграція компонентів друкарської фарби під час виробництва та експлуатації пакувань:

- а — контакт друкованої і зворотної сторін у рулоні;
 б — дифузія (проникнення);
 в — випаровування

Ефективним способом зниження або навіть унеможливлення міграції компонентів фарби є впровадження у технологічний процес виготовлення гнучких пакувань операції ламінування. У такому випадку задруковування відбувається зі зворотного боку плівки, після чого, відповідно до технологічного регламенту, задрукована поверхня ламінується відповідним типом плівки, повністю ізолюючи фарбовий шар. При цьому аналізуються експлуатаційні можливості гнучкого пакування з врахуванням типу і товщини полімерних плівок. Згідно з рекомендаціями FDA найбільш ефективним бар'єром для гнучких пакувань є плівка ПЕТ, товщина якої визначається режимами експлуатації [19]:

1. Товщина ≥ 25 мкм, експлуатація пакувань за кімнатної температури і нижче;
2. Товщина ≥ 50 мкм при експлуатації пакувань у високій температурі до 150 °С, тривалістю до 30 хв.

Наявність ПЕТ-бар'єрів у системі ламінату утруднює переробку для вторинного застосування полімерної сировини, тому зараз спостерігається тенденція до застосування інших модифікованих полімерів з формуванням монотипних полімерних ламінатних систем, але водночас в кожному конкретному випадку необхідно оцінювати ефективність застосування таких бар'єрів шляхом тестування. У ламінованих системах загальна проникність багат шарової системи розраховується як сума коефіцієнтів дифузії для кожного з полімерних шарів з врахуванням їх товщини [20]. Усі заходи покликані на повне усунення загрози забруднення вмісту паковань або зведення такого забруднення до гранично допустимих норм.

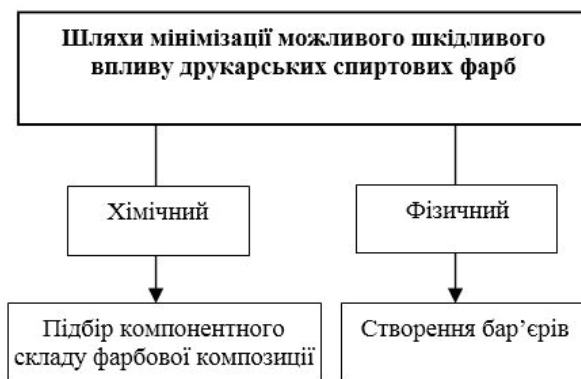


Рис. 4. Мінімізація можливого шкідливого впливу друкарських спиртових фарб

Проведений аналіз показав, що шляхи мінімізації шкідливого впливу спирторозчинних друкарських фарб можна розділити на два типи (рис. 4): хімічний, коли проводиться ретельний підбір компонентів фарбової композиції, і фізичний — із створенням ефективних бар'єрів з врахуванням експлуатаційних особливостей гнучкого пакування.

Висновки. Компонентний склад друкарських фарб та поліграфічні технології постійно вдосконалюються. Це спрямовано не тільки на оптимізацію технологічних процесів для досягнення відповідної якості фарб та друкованої продукції, а й на забезпечення мінімального впливу виробництва на навколишнє середовище. Водночас потрібно враховувати експлуатаційні можливості друкованих зображень, адже вони можуть піддаватися впливу підвищеної чи зниженої температури, води, жирів тощо і водночас це не має утруднювати процеси переробки паковань. Проведений аналіз дав можливість сформулювати класифікацію заходів з мінімізації шкідливого впливу спирторозчинних друкарських фарб. Заходи можна розділити на два напрями: хімічний, коли проводиться ретельний підбір компонентів фарбової композиції, і фізичний — із створенням ефективних бар'єрів з врахуванням експлуатаційних особливостей гнучкого пакування.

Вважається, що одним з типів фарб, які чинять мінімальний вплив на людину і навколишнє середовище на етапі поліграфічного виробництва, є УФ-фарби, зокрема і УФ-фарби з низькими міграційними властивостями, які не містять летких

розчинників і при висиханні утворюють тверді полімерні структури. Про особливості застосування УФ-фарб, їх вплив на людину та навколишнє середовище йтиметься у наступній публікації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Resin and Polymeric Binders for Inks. May 19, 2021. URL: <https://www.gantrade.com/blog/-resin-and-polymeric-binders-for-inks>.
2. Regulation (EC) No 1935/2004, Of The European Parliament And Of The Council of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC. *Official Journal of the European Union*. 2004. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R1935&from=EN>.
3. Nestlé Guidance Note on Packaging Inks. October, 2018. URL: <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>.
4. Swiss Ordinance On Materials And Articles In Contact With Food (SR 817.023.21). URL: https://www.eupia.org/fileadmin/FilesAndTradExtx_edm/2021-04-28_Swiss_FCM_Ordinance_-_EuPIA_QA_regarding_non-DFC_FCM_Inks.pdf.
5. Standard ISO 13302:2003 Sensory analysis – Methods for assessing modifications to the flavour of foodstuffs due to packaging. 26 p.
6. Aydemir C., Özsoy S. A. Environmental impact of printing inks and printing process. *Journal of Graphic Engineering and Design*. 2020. Vol. 11 (2). Pp. 11–17.
7. Hijlkema T., Bek M., Geiselhart R., Groh Ch. Wasserbasierte Farben für den Foliendruck. *Flexo+Tief-Druck*. April, 2021. URL: <https://www.flexotiefdruck.de/dossiers/wasserbasierte-farben-fuer-den-foliendruck>.
8. Repeta V., Zhydetskyi V., Cherednichenko O., Liakh I. Modeling with Fuzzy Logic the Migration Capacity of UV-ink Components as a Factor of Potentially Harmful Pollution of Packaging. *Intelligent Information Technologies Systems of Information Security 2021 (IntelITSIS 2021)*. Khmelnytskyi, Ukraine, March 24–26. Pp. 83–89.
9. Standard IS 15495-2004. Printing Ink for food packaging - Code of practice [CHD 14: Printing, Inks, Stationary and Allied Products]. *Printed at Simco Printing Press*. Delhi.
10. Information leaflet Printing Inks for Food Packaging. URL: https://www.eupia.org/fileadmin/FilesAndTradExtx_edm/2012-02-14_Information_leaflet_Food_Packaging_Inks_corr_120710.pdf.
11. Exclusion Policy For Printing Inks And Related Products, 4th Edition (replaces 3rd Edition of November 2016). URL: https://www.eupia.org/fileadmin/Documents/Our_commitment/20210310_-Exclusion_Policy_for_Printing_Inks_and_Related_Products_final_March_2021.pdf.
12. Low Migration Inks Coatings for Packaging Applications. *INX International Ink Co*. Pp. 2–3.
13. Аксельруд Г. А. Массообмен в системе твердое тело-жидкость. Издательство Львовского университета, 1970. 188 с.
14. Duda J. L. Molecular diffusion in polymeric systems. *Pure & Appl. Chem*. 1985. Vol. 57. № 11. Pp. 1681–1690.
15. Rogers C. E. *Solubility and Diffusivity. Physics and Chemistry of the Organic Solid State*. 1965. Vol. 2. Pp. 510–635.

16. Hansen Ch. M. Hansen Solubility Parameters, 2nd Edition. 2007. 544 p.
17. da Silva, M.T.Q.S., do Rocio Cardoso, M., Veronese, C.M.P., Mazer, W. Tortuosity: A brief review. *Materials Today: Proceedings 2022*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322008604?via%3Dihub>.
18. Welle F. A new method for the prediction of diffusion coefficients in poly (ethylene terephthalate). *5th international Symposium on Food Packaging*, 14–16 November 2012, Berlin. URL: https://www.ivv.fraunhofer.de/content/dam/ivv/en/documents/Forschungsfelder/Produktsicherheit-und-analytik/Prediction_of_diffusion_coefficients.pdf.
19. Use of Recycled Plastics in Food Packaging (Chemistry Considerations): Guidance for Industry. *U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition*. July 2021. URL: <https://www.fda.gov/media/150792/download>.
20. A National Measurement Good Practice Guide No. 102. *Absorption and Diffusion of Moisture in Polymeric Materials*. 2007. URL: https://www.npl.co.uk/special-pages/guides/gpg102_moisture.

REFERENCES

1. Resin and Polymeric Binders for Inks. (May 19, 2021). Retrieved from <https://www.gantrade.com/blog/resin-and-polymeric-binders-for-inks> (in English).
2. Regulation (EC) No 1935/2004, Of The European Parliament And Of The Council of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and repealing, Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC. *Official Journal of the European Union*. 2004. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R1935&from=EN> (in English).
3. Nestlé Guidance Note on Packaging Inks. (October, 2018). Retrieved from <https://www.nestle.com.pe/sites/g/files/pydnoa276/files/nosotros/informacion-proveedores-nestle/documentos/actualizacion%202019/guidance%20note%20on%20packaging%20inks%20-%20version%202018.pdf> (in English).
4. Swiss Ordinance On Materials And Articles In Contact With Food (SR 817.023.21). Retrieved from https://www.eupia.org/fileadmin/FilesAndTradExtx_edm/2021-04-28_Swiss_FCM_Ordinance_-_EuPIA_QA_regarding_non-DFC_FCM_Inks.pdf (in English).
5. Standard ISO 13302:2003 Sensory analysis – Methods for assessing modifications to the flavour of foodstuffs due to packaging (in English).
6. Aydemir, C., & Özsoy, S. A. (2020). Environmental impact of printing inks and printing process: *Journal of Graphic Engineering and Design*, 11 (2), 11–17 (in English).
7. Hijlkema, T., Bek, M., Geiselhart, R., & Groh, Ch. (April, 2021). Wasserbasierte Farben für den Foliendruck: Flexo+Tief-Druck. Retrieved from <https://www.flexotiefdruck.de/dossiers/wasserbasierte-farben-fuer-den-foliendruck> (in German).
8. Repeta, V., Zhydetskyi, V., Cherednichenko, & O., Liakh, I. Modeling with Fuzzy Logic the Migration Capacity of UV-ink Components as a Factor of Potentially Harmful Pollution of Packaging. *Intelligent Information Technologies Systems of Information Security 2021* (IntellITSIS 2021). Khmelnytskyi, Ukraine, March 24–26, 83–89 (in English).
9. Standard IS 15495-2004. Printing Ink for food packaging - Code of practice [CHD 14: Printing, Inks, Stationary and Allied Products]: Printed at Simco Printing Press. Delhi (in English).

10. Information leaflet Printing Inks for Food Packaging. Retrieved from https://www.eupia.org/-fileadmin/FilesAndTradExtx_edm/2012-02-14_Information_leaflet_Food_Packaging_-_Inks_corr_120710.pdf (in English).
11. Exclusion Policy For Printing Inks And Related Products, 4th Edition (replaces 3rd Edition of November 2016). Retrieved from https://www.eupia.org/fileadmin/Documents/Our_commitment/20210310_-Exclusion_Policy_for_Printing_Inks_and_Related_Products_final_March_-2021.pdf (in English).
12. Low Migration Inks Coatings for Packaging Applications. *INX International Ink Co*, 2–3 (in English).
13. Aksel'rud, G. A. (1970). Massoobmen v sisteme tverdoe telo-zhidkost'. Izdatel'stvo L'vovskoho universiteta (in Russian).
14. Duda, J. L. (1985). Molecular diffusion in polymeric systems: *Pure & Appl. Chem.*, 57, 11, 1681–1690 (in English).
15. Rogers, C. E. (1965). *Solubility and Diffusivity: Physics and Chemistry of the Organic Solid State*, 2, 510–635 (in English).
16. Hansen, Ch. M. (2007). *Hansen Solubility Parameters*, 2nd Edition (in English).
17. da Silva, M.T.Q.S., do Rocio Cardoso, M., Veronese, C.M.P., Mazer, W. Tortuosity: A brief review. *Materials Today: Proceedings 2022*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322008604?via%3Dihub> (in English).
18. Welle, F. (14–16 November 2012). A new method for the prediction of diffusion coefficients in poly (ethylene terephthalate). *5th international Symposium on Food Packaging*. Berlin. Retrieved from https://www.ivv.fraunhofer.de/content/dam/ivv/en/documents/Forschungsfelder/-Produktsicherheit-und-analytik/Prediction_of_diffusion_coefficients.pdf (in English).
19. Use of Recycled Plastics in Food Packaging (Chemistry Considerations): Guidance for Industry. *U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition*. July 2021. Retrieved from <https://www.fda.gov/media/150792/download> (in English).
20. A National Measurement Good Practice Guide No. 102. *Absorption and Diffusion of Moisture in Polymeric Materials*. 2007. Retrieved from https://www.npl.co.uk/special-pages/guides/gpg102_moisture. (in English).

doi: 10.32403/1998-6912-2022-1-64-86-95

POTENTIAL HARMFULNESS OF SOLVENT FLEXOGRAPHIC INKS FOR FLEXIBLE PACKAGING PRINTING

V. B. Repeta, Yu. A. Kukura

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
vreneta@gmail.com*

The article is devoted to the problem of potential harmfulness of alcohol-solvent flexographic inks and migration of their components during printing and operation of

flexible packaging for food and pharmaceutical products. Printing inks based on organic solvents hold the lead in application, especially in the packaging industry. The analysis of world tendencies is carried out concerning the restriction of harmful substances at manufacturing alcohol-solvent flexographic printing inks and the accepted regulatory documents. The examples of possible migration of printing ink components in the process of packaging production are described. Contamination can occur due to the contact of the film reverse side with the printed one, penetration (diffusion) of the ink components both on the surface of the ink layer and through the printed material, evaporation of the ink layer components into the environment. A significant amount of organic solvents, organic and inorganic pigments and plasticizers, for which carcinogenic and toxic effects on living organisms are established, are prohibited or minimally used in the component composition of alcohol-solvent flexographic inks. The following factors are identified, on which the process of diffusion of substances from the applied ink layer depends. In particular, they are the structure of molecules and the molecular weight of ink components, the operating temperature of printed packaging, thickness and ability of printed materials to prevent diffusion of molecules. The appropriate measures are described to prevent the process of migration of printing ink components during the packaging operation. The analysis has made it possible to form the classification of measures to minimize the harmful effects of alcohol-solvent printing inks. The measures can be divided into two directions: chemical one, when the components of the ink composition are carefully selected, and physical one, with the creation of effective barriers, taking into account the operational characteristics of flexible packaging.

Keywords: *flexographic solvent inks, flexible packaging, harmfulness, migration, diffusion, barrier layers.*

Стаття надійшла до редакції 07.04.2022.

Received 07.04.2022.