

# Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

ANALYTICAL REVIEW  
OPEN ACCESS

## ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ФОРМНИХ ПРОЦЕСІВ У ПОЛІГРАФІЇ

**В. Б. Репета<sup>1</sup>, Ю. А. Кукура<sup>1</sup>, А. І. Дидів<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Українська академія друкарства, Львів, Україна<sup>2</sup>Львівський національний університет природокористування, Дубляни, Україна

УДК 66.066+54.058+510.6

DOI: 10.52363/2522-1892.2023.1.6

Отримано: 27 лютого 2023

Прийнято: 27 квітня 2023

Cite as: Repeta V., Kukura Yu., Dydiv A. (2023). Ecologization of printing plate processes production. Technogenic and ecological safety, 13(1/2023), 45–49. doi: 10.52363/2522-1892.2023.1.6

### Анотація

На основі проведеного аналізу технологічного процесу виготовлення фотополімерних флексографічних форм визначено небезпеку з точки зору шкідливого впливу, яку можуть чинити окремі операції технологічних процесів, і запропоновано заходи, які мінімізують небезпечний вплив на навколишнє середовище. Проведено порівняння властивостей розчинників, їх переваг та шкідливості. Встановлено перспективність наступних розробок альтернативних органічних розчинників і операції вимивання флексографічних фотополімерних друкарських форм водою чи водними розчинами. Встановлено загальні стратегічні напрями вирішення проблеми використання летких органічних розчинників. Запропоновано наступну класифікацію напрямів вирішення даної проблеми: використання менш токсичних розчинників чи води; усунення операції вимивання з технологічного процесу виготовлення флексографічних фотополімерних форм; розробка нових технологічних процесів виготовлення флексографічних форм.

За результатами порівняльного аналізу технологій виготовлення форм встановлено зміну антропогенного чинника, як результату удосконалення процесів і їх екологізації. Показано, що шляхом впровадження інформаційних і лазерних технологій у технологічні процеси виготовлення друкарських форм за рахунок зменшення впливу антропогенного чинника досягається суттєве покращення екологічної безпеки виробництва, хоча впровадження такої технології вимагає великих капіталовкладень. Проблема утилізації відпрацьованих фотополімерних форм залишається досі відкритою. Зважаючи на негативні сьогоденні впливи на економіку України, використання більш екологічно чистих технологій та матеріалів у флексографічному секторі поліграфії більшою мірою залежить від економічної ситуації на конкретних підприємствах, а не від цілеспрямованої екологічної політики держави.

**Ключові слова:** екологічна безпека, флексографічний друк, органічні розчинники, шкідливість, флексографічні форми.

### Постановка проблеми.

Екологічна безпека промислового виробництва і технічний прогрес – це два напрями, які йдуть поруч і часто обговорюються суспільством. До завдань сучасності відноситься гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей, дотримання принципів пріоритетності вимог екологічної безпеки, екологізація матеріального виробництва на основі комплексності рішень у питаннях охорони навколишнього природного середовища [1]. Згідно з прогнозами аналітичних компаній ринок флексографічного друку продовжуватиме зростати і незважаючи на негативні впливи пандемії та війни, у 2023 році зросте до 5,70 млрд. доларів США у порівнянні з 2022 роком – 5,35 млрд [2]. Зрозуміло, що така тенденція призведе і до зростання техногенного впливу виробництва на навколишнє природне середовище. Хоча, взявши до уваги формні технологічні процеси флексографічного друку, то такі завдання вирішують, насамперед, ті фірми, які, стимулюючи науково-технічний прогрес, неминуче звертають увагу на невирішені питання екологічної безпеки. Якщо ж зробити акцент на операцію експонування фотополімерних форм, то разом з розвитком цифрових і лазерних технологій, вдалося виключити застосування фотоматеріалів на срібній основі, що використовувалися інколи одноразово як негатив для контактного копіювання. Очевидними завданнями, які звертають на себе увагу навіть

непрофесіоналів, є завдання, що стосуються усунення органічних летких, інколи з канцерогенною і токсичною дією розчинників з технологічного процесу вимивання рельєфного зображення.

**Мета статті:** Встановити перспективи підвищення екологічної безпеки технологій виготовлення друкарських форм шляхом зменшення впливу їх антропогенного чинника на навколишнє середовище.

### Основна частина.

Флексографічні фотополімерні пластини (ФФП), які розроблені і випускаються найбільш відомими у цій сфері фірмами (Flint Group, Du Pont, Mac Dermid, Asahi) виготовляються на основі синтетичних полімерів, які володіють пластоеластичними властивостями. Найчастіше такими полімерами є дієн-стирольні блок-кополімери (термоеластоласти). ФФП на основі дієн-стирольних термоеластоластів добре розчиняються в різних органічних розчинах, зокрема і в хлорованих вуглеводнях. Наприклад, хлороформі ( $\text{CHCl}_3$ ), тетрахлорметані ( $\text{CCl}_4$ ), трихлоретилені ( $\text{C}_2\text{HCl}_3$ ), тетрахлоретилені ( $\text{C}_2\text{Cl}_4$ ) [3]. Ці розчинники, незважаючи на застереження [4], й досі застосовуються промисловими виробництвами для обезжирювання поверхонь, хімічного чищення тканин та в інших хімічних технологічних процесах.

Вміст галогенів у розчинниках надає їм антипіренні властивості. Зі збільшенням вмісту хлору в молекулах цих розчинників зменшується їх пожежонебезпека, що є їх перевагою з одної сторони. Так, трихлоретилен – важкогорючий, а чотирихлористий вуглець і тетрахлоретилен практично негорючі і не спалахують [5]. Однак, усі хлорорганічні розчинники мають наркотичну дію, а основний їх недолік полягає в їх токсичності. Тривале перебування в середовищі, яке містить розчинники в кількості, яка перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК), призводить до ураження кровотворних органів, центральної нервової системи, печінки. Крім того, останніми роками виявлено канцерогенну дію деяких розчинників. Відповідно, Європейська асоціація з хлорованих розчинників (ECSA) розробила інструкції щодо поводження з ними та їх застосування [6]. Дотримання цих інструкцій запобігає шкідливому впливу хлорованих розчинників на людину і навколишнє природне середовище як на виробництві, так і під час транспортування та зберігання.

Деякі властивості хлорованих вуглеводнів, як розчинників для вимивання фотополімерних флексографічних пластин, представлені у табл. 1.

Для зменшення набухання фотополімеру в процесі вимивання рельєфного зображення до так званого «хорошого» розчинника додають деяку кількість (до 30 %) «поганого» розчинника (осадника). У таких сумішевих розчинниках швидкість вимивання дещо зменшується, але помітно зменшується і набухання, відповідно мінімізується спотворення друкуючих елементів [3]. Найчастіше як осадник у поєднанні з хлорованими вуглеводнями використовують *n*-бутиловий спирт, який має температуру кипіння 117,5°C, а ГДК – 150 мг/м<sup>3</sup>, що на порядок більше, ніж для хлорованих вуглеводнів.

Незважаючи на привабливість застосування хлорованих вуглеводнів завдяки їх доступності та добрим технологічним характеристикам, екологічна

небезпека застосування цих розчинників спонукала до того, щоб провідні фірми-виробники ФФП розробили і організували виробництво альтернативних розчинників, які не містять хлорованих вуглеводнів. На ринку пропонуються суміші розчинників, які включають естери, нафтові аліфатичні або ароматичні фракції і спирти в якості осадників. Характеристики деяких марок альтернативних розчинників представлені у табл. 2.

Застосування альтернативних розчинників виправдано, в першу чергу, тим, що вони значно менш токсичні для людини і легше руйнуються, потрапляючи у навколишнє природне середовище, на відносно безпечні речовини. Для зменшення шкідливого впливу та повторного використання органічних розчинників спеціалізовані компанії пропонують на ринку обладнання для перегонки (дистиляції) відпрацьованих розчинів, адже доведено, що 90 % таких розчинів можна повторно використовувати у відповідному технологічному процесі [7]. В Українській академії друкарства (УАД) розроблено вимивний розчин на основі сольвенту нафтового та ізопентанолу [8]. Можливість його регенерації для повторного використання (рециклінгу) описано у роботі [9]. Використовуючи розроблений вимивний розчин як прототип, компанія Flexoclean Engineering B.V. запропонувала для вимивання форм розчинник як суміш естеру, етеру і спирту [10].

Однак найбільш привабливим розчинником в екологічному та економічному аспектах є вода. Але для застосування води як вимивного розчинника необхідно істотно змінити склад фотополімеризаційноздатних матеріалів, це стосується природи плівкоутворюючого полімеру фотополімерної композиції (ФПК).

Для створення водорозчинних ФФП необхідно застосовувати водорозчинні або вододисперговані полімери, які, крім того, повинні забезпечувати необхідні фізико-механічні властивості і світлочутливість пластин.

Таблиця 1 – Властивості та ГДК деяких хлорованих вуглеводнів

Показник	Розчинник			
	CHCl <sub>3</sub>	CCl <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>
Молекулярна маса	119,4	153,8	131,4	165,8
Температура кипіння при 760 мм рт. ст., °C	61,2	76,7	87,0	121,0
Температура спалаху, °C	відсутня	відсутня	32	відсутня
ГДК в повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>	10/5	20	10	10
ГДК у воді, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,002	0,06	0,16

Таблиця 2 – Характеристики альтернативних органічних розчинників

Виробник	Марка розчинника	Характеристика			
		*Склад	T <sub>кип.</sub> , °C	Густина, г/см <sup>3</sup>	T <sub>спал.</sub> , °C
Du Pont	Cylosol	ГА + ІГ	165-198	0,86	67
Absolute Solvents	Solv-Octanol	НФ + ІБ	175-215	0,86	63
Mac Dermid	Solvit M100	ЛНФ + БС	192	0,83	64
Flint Group	Nylosolv A	МПБ + ЦГ	200	0,84	63

\*ГА – гептилацетат; ІГ – ізогептиловий спирт; НФ – нафтова фракція; ІБ – ізобутиловий спирт; ЛНФ – легка нафтова фракція; ДПП – дізопропілбензен; БС – бензиловий спирт; МПБ – 2-метил-пропіл ізобутират; ЦГ – циклогексанон.

Не слід вважати, що використання води або її розчинів для вимивання рельєфного зображення усуває всі екологічні проблеми та кардинально зменшує фінансові витрати на розчинники. Насправді, застосування води усуває з технологічного процесу виготовлення фотополімерних форм токсичні та вибухонебезпечні розчинники, що покращує умови роботи операторів. Однак, впровадження водовимивних формних пластин підвищує рівень вимог до водопідготовки та водоочищення. При вимиванні незаполімеризованих ділянок ФФП вода розчиняє або диспергує не тільки полімерну основу, але й інші компоненти, а саме: мономеру, фотоініціатори, пластифікатори, інгібітори, барвники та інші домішки. Сумарний вміст цих компонентів становить 30...70 % від маси ФПК, які при скиданні їх у каналізаційну систему без додаткового очищення будуть забруднювати водні ресурси. Тому для зменшення концентрації токсичних компонентів необхідно здійснювати ретельне очищення розчинів перед скиданням в каналізацію, що потребує додаткових витрат.

Враховуючи вище вказане, в УАД був розроблений гетерофазний вимивний розчин [11], в компонентний склад якого входить дистильована вода, сольвент нафтовий і поверхнево-активна речовина для забезпечення стабільності розчину. Сольвент нафтовий є хімічно інертним в стандартних умовах зберігання. Наприклад, ГДК вуглеводневих розчинників марки «Нефрас АР 120/200» становить 100 мг/м<sup>3</sup>, що значно менше, ніж для хлорованих вуглеводів. Для рециклінгу гетерофазного вимивного розчину був розроблений пристрій, у якому розділення вимивного розчину на фракції проводиться вертикальним сепаратором [12].

Зрозуміло, що найкращим вирішенням питання покращення екологічної безпеки технологічного процесу виготовлення форм є виключення операції вимивання рельєфного зображення з технологічного процесу. Для цього необхідно використовувати нові принципи формування рельєфного зображення. Зараз як основний принцип формування рельєфного зображення використовується відмінність у фізико-хімічних властивостях опромінених і неопромінених ділянок форми. Компанія Du Pont запропонувала принципово нову технологію виготовлення флексографічних форм «Cyrel FAST» [13], у якій формування рельєфного зображення відбувається внаслідок переведення неопромінених ділянок ФФП у в'язкотекучий стан із відносно низькою в'язкістю, достатньою для їх механічного видалення шляхом капілярної абсорбції нетканним матеріалом [14]. Таким чином, замість традиційного вимивання виконується операція виплавлення неполімеризованих ділянок ФФП та їх швидкого видалення шляхом промокання рідкого розплаву композиції. Крім цього, покращуються умови роботи та усувається викид парів органічних розчинників в атмосферу, а споживання джерел електроенергії знижується на 20 % [15]. Витрати на розчинник відсутні, але з'являється постійна

потреба у нетканому вбирному матеріалі. Необхідні також капітальні витрати на купівлю технологічного модуля теплової обробки пластин. Органічні розчинники можна регенерувати, а просочений композицією нетканий матеріал необхідно піддавати утилізації – спалюванням. Таке рішення мало привабливе в екологічному аспекті.

Новою розробкою у формних поліграфічних процесах є гравіювання шару силіконового полімеру за допомогою лазера [16, 17]. У процесі лазерної обробки поверхні досягається дуже високий ступінь чистоти поверхні, а розкид за товщиною форми – 10 мкм, якого складно досягнути у звичайних процесах обробки фотополімеризаційноздатних формних матеріалів. Одержання друкарських форм на так званих безшовних гільзах усуває операцію монтажу форм на циліндр друкарської машини і використання монтажних стрічок. Якщо лазерне гравіювання наповненого сажею полісилоксанового полімеру можна назвати безумовно екологічно чистою технологією, то технологічний процес виробництва полісилоксанового полімеру з диалкілдіхлорсилану, не відноситься до таких. Технологія виробництва полісилоксанових каучуків належить до сфери хімічного виробництва зі своїми екологічними проблемами, які, зрештою, мають глобальний характер і нероздільні за галузевою належністю. Як і у випадку з технологією FAST, так і з технологією прямого гравіювання лазером еластомера, необхідні значні капіталовкладення на придбання прецизійного обладнання.

Загалом, стратегічні напрями вирішення екологічної проблеми технологічних формних процесів є наступними:

- використання більш безпечних альтернативних органічних розчинників чи води;
- усунення операції вимивання з технологічного процесу виготовлення флексографічних фотополімерних форм;
- розробка нових технологічних процесів виготовлення флексографічних друкарських форм.

Порівняльний аналіз вищеописаних технологій в аспекті вирішення екологічних питань можна подати у вигляді таблиці 3.

Якщо ж говорити про відпрацьовані фотополімерні форми, то проблема їх утилізації залишається досі відкритою, хоча вже відомий спосіб їх переробки [18], результатом якого є синтез метанолу.

#### Висновки.

На основі проведеного аналізу технологій виготовлення флексографічних друкарських форм встановлено, що виробники формних матеріалів враховують світові тенденції щодо екологічної безпеки технологічних процесів і пропонують на поліграфічному ринку свої альтернативні розробки. При цьому, стратегічні напрями вирішення екологічної проблеми технологічних формних процесів наступні: використання більш безпечних альтернативних органічних розчинників чи води; усунення операції вимивання з технологічного

Таблиця 3 – Результати порівняльного аналізу технологій

Технологічний процес і матеріал	Зміна антропогенного чинника
Заміна хлоровмісних розчинів альтернативними розчинниками.	Деяке покращення умов праці та зменшення викидів шкідливих хлоровмісних речовин у навколишнє природне середовище, можливість регенерації та рециклінгу
Заміна органічних розчинників водними розчинами.	Істотне покращення умов праці та відсутність викидів летких органічних речовин в атмосферу. Виникає необхідність у додатковому очищенні води.
Усунення операції розчинення пробільних елементів зображення. Проявлення рельєфного зображення шляхом теплової обробки.	Виключення будь-яких розчинів та відсутня необхідність в очищенні стічних вод. Зменшення споживання енергії. Не вирішено питання утилізації відходів поглинаючого матеріалу.
Формування рельєфного зображення прямим лазерним гравіюванням еластомерів.	Повна екологічна безпека та відсутність будь-яких шкідливих викидів та відходів. Відсутність допоміжних витратних матеріалів і необхідності їх утилізації. Небезпечність на етапі синтезу композиції еластомеру.

процесу виготовлення флексографічних фотополімерних форм; розробка нових технологічних процесів виготовлення флексографічних фотополімерних форм. Крім створення нових сумішевих органічних розчинників і розробки водорозчинних фотополімерних форм, паралельно пропонуються також технології регенерації і рециклінгу відпрацьованих розчинів. За результатами порівняльного аналізу технологій виготовлення форм встановлено зміну антропогенного чинника, як результату удосконалення процесів і їх екологізації. Впровадженням інформаційних і лазерних технологій у технологічні процеси виготовлення друкарських форм завдяки зменшенню впливу антропогенного чинника досягається суттєве

покращення екологічної безпеки виробництва, хоча впровадження таких технологій вимагає великих капіталовкладень. Сьогодні на тлі російського військового вторгнення та падіння економіки України нівелюються завдання щодо екологізації технологічних процесів поліграфічного виробництва. У більшості випадків винятковим чинником, який визначає прийняття рішень у сфері флексографічного виробництва є миттєва економічна доцільність. Виходячи з цього, можна припустити, що використання екологічно чистих технологій та матеріалів у флексографічному секторі поліграфії України більшою мірою залежатиме від економічної ситуації на конкретних підприємствах, а не від цілеспрямованої екологічної політики держави.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25 черв. 1991 р. № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 24.02.2023).
2. Flexographic Printing Global Market Report 2023. The Business Research Company, 2023. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/flexographic-printing-global-market-report> (access date: 12.02.2023).
3. Шибанов В. Минимумы или очерки о фотополимеризующихся материалах. Киев: ООО «Украинская Флексографская Техническая Ассоциация», 2002. 126 с.
4. Kodavanti P. R. S., Kumar K. S., Loganathan B. G. Organohalogen Pollutants and Human Health. Reference Module in *Biomedical Sciences International Encyclopedia of Public Health (Second Edition)*, 2017. P. 359–366.
5. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Trichloroethylene, tetrachloroethylene, and some other chlorinated agents. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. 2014. Vol. 106. 512 p. ISBN-13: 978-9283201441.
6. Guidance on Storage and Handling of Chlorinated Solvents Fourth Edition. The European Chlorinated Solvent Association, 2011. URL: [https://www.chlorinated-solvents.eu/wp-content/uploads/2019/12/Storage\\_and\\_handling\\_of\\_chlorinated\\_solvents\\_4.pdf](https://www.chlorinated-solvents.eu/wp-content/uploads/2019/12/Storage_and_handling_of_chlorinated_solvents_4.pdf) (access date: 14.02.2023).
7. Roth D. A smart and effective way of recovering wash-out solvents. *Flexo+Tief-Druck*. 2020. Vol. 1. P. 28–29.
8. Пат. 62051, Україна, G03F7/32, B41M1/00. Розчин для вимивання рельєфних зображень фотополімерних друкарських форм / Шибанов В. В.; (Україна), заявник та патентовласник Українська академія друкарства. – № 2002043084, заяв. 16.04.2002; опубл. 15.12.2003, бюл. №12.
9. Регенерація розчину для вимивання фотополімерних друкарських форм як вирішення екологічної проблеми / Шибанов В. В., Репета В. Б., Кукура Ю. А., Слободяник В. Г. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2022. № 6 (165). С. 18–22. DOI: 10.31649/1997-9266-2022-165-6-18-22.
10. Пат. EP 2 309 331 B1, G03F 7/32A, Polymer washout solvent, and the use thereof for developing a flexographic printing plate, Flexoclean Engineering B.V., Bulletin 2012/04.
11. Пат. 71762 А, Україна, G03 F7/32. Проявник для вимивання зображень фотополімерних друкарських форм / Шибанов В. В., Слободяник В. Г.; (Україна), заявник та патентовласник Українська академія друкарства. – № 20031211255, заяв. 09.12.2003; опубл. 15.12.2004, бюл. №12.
12. Пат. 73008, Україна, B41F 21/00. Пристрій для вимивання фотополімерних флексографічних друкарських форм / Слободяник В. Г., Репета В. Б., Шибанов В. В.; (Україна), заявник та патентовласник Українська академія друкарства. – № u201201317, заяв. 8.02.2012; опубл. 10.09.2012, бюл. №17.
13. Quality, Productivity and Sustainability. DuPont Cyrel FAST delivers on these and more – beautifully. URL: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Qeualqt\\_o8EJ:https://www.dupont.com/products/cyrel-FAST-thermalworkflow.html&cd=5&hl=uk&ct=clnk&gl=ua](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Qeualqt_o8EJ:https://www.dupont.com/products/cyrel-FAST-thermalworkflow.html&cd=5&hl=uk&ct=clnk&gl=ua) (access date: 15.02.2023).
14. Шибанов В. В. Флексографічні фотополімерні форми. Львів: Українська академія друкарства, 2011. 116 с. ISBN 972-966-322-158-8.

15. Barr S. Life Cycle Assessment. Flexographic Printing and Platemaking Update. DuPont, 2021. 4 p. URL: [https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/cyrel/Public/documents/en/EI00433-Flexo%20LCA%20Public%20Report%20Update-digital%20\(1\).pdf](https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/cyrel/Public/documents/en/EI00433-Flexo%20LCA%20Public%20Report%20Update-digital%20(1).pdf) (access date: 15.02.2023).
16. Bömelburg D. Evolutionary stages of direct laser engraving. *Flexo+Tief-Druck*. 2020. Vol. 5. P. 54–55. URL: <https://www.hell-gravure-systems.com/wp-content/uploads/sites/7/2020/09/Evolutionary-stages-of-e.pdf> (access date: 12.02.2023).
17. Pollard B., Senne A., Smrdel A. Direct Laser Engraving: Basics, Benefits, Future Business. Flexographic Technical Association, 2017. URL: <https://www.flexography.org/industry-news/direct-laser-engraving-basics-benefits-business> (access date: 12.02.2023).
18. Welt B., Ferrari M. Flexography's Sustainable Circular Future: Plates & Packaging. URL: <https://www.flexography.org/webinars/flexographys-sustainable-circular-future-plates-packaging> (access date: 12.02.2023).

## Repeta V., Kukura Yu., Dydiv A.

### ECOLOGIZATION OF PRINTING PLATE PROCESSES PRODUCTION

The article analyzes the technological process of manufacturing photopolymer flexographic plates, determines the danger from the point of view of ecological impact that certain technological processes can cause, and proposes measures that minimize their dangerous impact on the environment. A comparison of the properties of solvents and their advantages and at the same time harmfulness was carried out with the establishment of the reasons for the subsequent development of alternative organic solvents and the operation of washout flexographic photopolymer printing plates with water or water solutions. General strategic directions for solving the problem of using volatile organic solvents have been established. The following classification of ways to solve this problem is proposed: use of less toxic solvents or water; elimination of the washing operation from the technological process of manufacturing flexographic photopolymer plates; development of new technological processes for the production of flexographic plates.

Based on the results of a comparative analysis of mold manufacturing technologies, a change in the anthropogenic factor was established as a result of improving processes and their environmentalization. It is shown that by introducing information and laser technologies into the technological processes of manufacturing printing forms due to the reduction of the influence of the anthropogenic factor, a significant improvement in the environmental safety of production is achieved, although the introduction of such technology requires large capital investments. According to the results of a comparative analysis of printing plate manufacturing technologies, the so-called ecological factor is shown as a result of improving processes and their ecologization. If we talk about spent photopolymer plates, then the problem of their disposal is still open. Taking into account the current negative effects on the economy of Ukraine, the use of more environmentally friendly technologies and materials in the flexographic sector of printing depends to a greater extent on the economic situation at specific enterprises, and not on the purposeful environmental policy of the state.

**Key words:** ecological safety, flexography, organic solvents, harmfulness, flexographic plates.

### REFERENCES

1. *Pro okhoronu navkolysnogo pryrodnoho seredovyshcha [About the protection of the surrounding natural environment]*, 1264-XII Law of Ukraine (1991). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (access date: 24.02.2023).
2. The Business Research Company. (2023). *Flexographic Printing Global Market Report 2023*. <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/flexographic-printing-global-market-report> (access date: 12.02.2023).
3. Shibanov, V. (2002). *Minimumy ili ocherki o fotopolimerizujushhihsja materialah [Minimums or essays on photopolymerizable materials]*. Kyiv. Ukrainian Flexographic Technical Association, 126 p. [in Russian].
4. Kodavanti, P. R. S., Kumar, K. S., & Loganathan, B. G. (2017). Organohalogen Pollutants and Human Health. Reference Module in *Biomedical Sciences International Encyclopedia of Public Health (Second Edition)*, 359–366.
5. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (2014). Trichloroethylene, tetrachloroethylene, and some other chlorinated agents. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 106, 512. ISBN-13: 978-9283201441.
6. The European Chlorinated Solvent Association. (2011). *Guidance on Storage and Handling of Chlorinated Solvents Fourth Edition*. [https://www.chlorinated-solvents.eu/wp-content/uploads/2019/12/Storage\\_and\\_handling\\_of\\_chlorinated\\_solvents\\_4.pdf](https://www.chlorinated-solvents.eu/wp-content/uploads/2019/12/Storage_and_handling_of_chlorinated_solvents_4.pdf) (access date: 14.02.2023).
7. Roth, D. (2020). A smart and effective way of recovering wash-out solvents. *Flexo+Tief-Druck*, 1, 28–29.
8. *Rozchyn dlia vymyvannia reliefnykh zobrazhen fotopolimernykh drukarskykh form [Solution for washout relief images of photopolymer printing forms]* (UA Patent 62051). (16.04.2002) UA Patent. [in Ukrainian].
9. Shibanov, V. V., Repeta V. B., Kukura, Yu. A., & Slobodjanyk, V. G. (2022). Reheneratsiia rozchynu dlia vymyvannia fotopolimernykh drukarskykh form yak vyrisnennia ekolohichnoi problemy [Regeneration of the solution for washing photopolymer printing plates as a solution to an environmental problem]. *Visnyk of Vinnytsia Polytechnical Institute*, 6 (165), 18–22. DOI: 10.31649/1997-9266-2022-165-6-18-22. [in Ukrainian].
10. *Polymer washout solvent, and the use thereof for developing a flexographic printing plate* (2012), Pat. EP 2 309 331 B1, G03F 7/32A, Flexoclean Engineering B.V., Bulletin 2012/04.
11. *Projavnyk dlia vymyvannia zobrazhen fotopolimernykh drukarskykh form [Developer for erasing images of photopolymer printing forms]* (UA Patent 71762 A). (15.12.2004). UA Patent. [in Ukrainian].
12. *Prystrij dlia vymyvannia fotopolimernykh fleksografichnykh drukarskykh form [Device for washing photopolymer flexographic printing forms]* (UA Patent 73008). (10.09.2012). UA Patent. [in Ukrainian].
13. *Quality, Productivity and Sustainability. DuPont Cyrel FAST delivers on these and more – beautifully*. URL: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Qeualqt\\_o8EJ:https://www.dupont.com/products/cyrel-FAST-thermalworkflow.html&cd=5&hl=uk&ct=clnk&gl=ua](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Qeualqt_o8EJ:https://www.dupont.com/products/cyrel-FAST-thermalworkflow.html&cd=5&hl=uk&ct=clnk&gl=ua) (access date: 15.02.2023).
14. Shibanov, V. V. (2011). *Fleksografichni fotopolimerni formy [Flexographic photopolymer forms]*. Lviv, Ukrainian Academy of Printing, 116. ISBN 972-966-322-158-8. [in Ukrainian].
15. Barr S. Life Cycle Assessment. Flexographic Printing and Platemaking Update. DuPont, 2021. 4 p. URL: [https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/cyrel/Public/documents/en/EI00433-Flexo%20LCA%20Public%20Report%20Update-digital%20\(1\).pdf](https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/cyrel/Public/documents/en/EI00433-Flexo%20LCA%20Public%20Report%20Update-digital%20(1).pdf) (access date: 15.02.2023).
16. Bömelburg, D. (2020). Evolutionary stages of direct laser engraving. *Flexo+Tief-Druck*, 5, 54–55. <https://www.hell-gravure-systems.com/wp-content/uploads/sites/7/2020/09/Evolutionary-stages-of-e.pdf> (access date: 12.02.2023).
17. Pollard B., Senne A., & Smrdel A. (2017). *Direct Laser Engraving: Basics, Benefits, Future Business*. Flexographic Technical Association. <https://www.flexography.org/industry-news/direct-laser-engraving-basics-benefits-business> (access date: 12.02.2023).
18. Welt, B., & Ferrari, M. *Flexography's Sustainable Circular Future: Plates & Packaging*. <https://www.flexography.org/webinars/flexographys-sustainable-circular-future-plates-packaging> (access date: 12.02.2023).