



Співфінансується
Європейським Союзом



ESTDEV
From the people of Estonia



MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS
OF DENMARK

Skills4Recovery

Виконавець

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



КИЇВСЬКИЙ
ПРОФЕСІЙНИЙ КОЛЕДЖ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ТА ПОЛІГРАФІЇ

А. Ніколаєва, А. Гончаренко, Т. Зуб, І. Бабенко

ЕКОТЕХНОЛОГІЇ В ПОЛІГРАФІЇ

Навчальний посібник



Видавничий дім
«Гельветика»
2026

УДК 655:502.174(075.8)
Н63

Автори:

Ніколаєва Анна Станіславівна – викладач професійно-теоретичної підготовки комунального закладу професійної (професійно-технічної) освіти «Київський професійний коледж інформаційних технологій та поліграфії», спеціаліст вищої категорії, старший викладач;

Гончаренко Алла Іванівна – директор комунального закладу професійної (професійно-технічної) освіти «Київський професійний коледж інформаційних технологій та поліграфії», викладач, спеціаліст вищої категорії, старший викладач;

Зуб Тетяна Анатоліївна – викладач професійно-теоретичної підготовки комунального закладу професійної (професійно-технічної) освіти «Київський професійний коледж інформаційних технологій та поліграфії», спеціаліст першої категорії;

Бабенко Ірина Петрівна – заступник директора з навчально-виробничої роботи комунального закладу професійної (професійно-технічної) освіти «Київський професійний коледж інформаційних технологій та поліграфії», викладач професійно-теоретичної підготовки, спеціаліст першої категорії

Рецензенти:

Зигуля Світлана Миколаївна – директор «Видавництва Політехніка» КПІ ім. Ігоря Сікорського, доцент, кандидат технічних наук Навчально-наукового видавничо-поліграфічного інституту КПІ ім. Ігоря Сікорського

*Рекомендовано до друку Педагогічною радою
Комунального закладу професійної (професійно-технічної) освіти
«Київський професійний коледж інформаційних технологій та поліграфії»
(протокол № 6 від 19.02.2026 р.)*

Джерело фінансування: Фінансування здійснюється в межах реалізації проекту № 2025/MG/UA-iVET-10 «Підготовка успішного фахівця з сучасними професійними, цифровими, підприємницькими та екоорієнтованими компетентностями для поліграфічної галузі м. Києва», який впроваджується БО «Благодійний фонд «Людина» у партнерстві з Київським професійним коледжем інформаційних технологій та поліграфії за фінансової підтримки Європейського Союзу, Німеччини, Польщі, Данії та Естонії в межах Мультидонорської ініціативи Skills4Recovery, яка реалізується Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH та Solidarity Fund PL (SFPL). Виконуючий партнер: БО «Благодійний фонд «Людина»».

Екотехнології в поліграфії : навчальний посібник / А. С. Ніколаєва, А. І. Гончаренко, Н63 Т. А. Зуб, І. П. Бабенко. – Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2026. – 98 с.

ISBN 978-617-554-760-1

Навчальний посібник «Екотехнології в поліграфії» присвячений трансформації поліграфічної галузі відповідно до сучасних екологічних стандартів та принципів Індустрії 4.0. Основний зміст та ключові теми посібника охоплюють такі напрямки:

Стратегічна трансформація галузі; екологічні проблеми та моніторинг; управління відходами та рециклінг; впровадження поведінки з відходами згідно з законодавством України.

Концепція сталого розвитку.

Інноваційні екотехнології; огляд сертифікацій FSC, ISO 14001, а також регламентів ЄС.

Мета посібника – надати студентам знання про нормативно-правову базу та практичні навички вибору екологічно орієнтованого обладнання, а також сформувати відповідальне екологічне мислення у майбутніх технологів.

УДК 655:502.174(075.8)

© А. С. Ніколаєва, А. І. Гончаренко, Т. А. Зуб, І. П. Бабенко, 2026

© Комунальний заклад професійної (професійно-технічної) освіти

ISBN 978-617-554-760-1

«Київський професійний коледж інформаційних технологій та поліграфії», 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
Розділ 1	
СТРАТЕГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ГАЛУЗІ: КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТА ПЕРЕХІД ДО ІНДУСТРІЇ 4.0	5
Тема 1.1. Загальні засади впливу галузі на навколишнє середовище	5
Тема 1.2. Аналіз екологічних проблем, пов'язаних з використанням сировини, енергоспоживанням та утворенням відходів	8
Тема 1.3. Концепція сталого розвитку та її застосування в поліграфії	11
Тема 1.4. Оцінка життєвого циклу (LCA) як інструмент екологічного аналізу	15
Тема 1.5. Міжнародні екологічні стандарти та екомаркування	19
Розділ 2	
ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИТРАТНИХ МАТЕРІАЛІВ	25
Тема 2.1. Поліграфія і забруднення навколишнього середовища	25
Тема 2.2. Поліграфічні викиди в атмосферу та методи їх очищення	30
Тема 2.3. Стічні води поліграфічного виробництва та методи їх очищення	38
Тема 2.4. Поводження з твердими відходами виробництва	50
Розділ 3	
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТА МАЛОВІДХОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ	59
Тема 3.1. Впровадження принципів замкненого циклу	60
Тема 3.2. Мінімізація утворення відходів та вторинна переробка	64
Тема 3.3. Використання екологічно чистих матеріалів	68
Розділ 4	
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАЙБУТНЄ ПОЛІГРАФІЇ	74
Тема 4.1. Друк на альтернативних видах паперу	74
Тема 4.2. Smart packaging: застосування новітніх технологій у пакуванні	81
Тема 4.3. Поліграфія 4.0: як цифровізація та штучний інтелект керують «зеленою» революцією	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	95

ПЕРЕДМОВА

Сучасна поліграфія стоїть на роздоріжжі. З одного боку, це високотехнологічна галузь, що забезпечує функціонування інформаційного суспільства. З іншого – виробництво, яке історично пов'язане з високим споживанням природних ресурсів, утворенням значних обсягів відходів (папір, пластик, металеві пластини) та використанням потенційно небезпечних хімічних речовин (розчинників, фарби та інше). Поліграфія, яку тривалий час вважали консервативною галуззю «паперу та фарби», сьогодні опинилася в епіцентрі двох потужних штормів: екологічного імперативу та Індустрії 4.0.

Екологізація виробництва сьогодні – це не данина моді, а стратегічна необхідність трансформації поліграфічної галузі. Але давайте будемо відвертими: мова йде не просто про зміну обладнання. Мова йде про виживання галузі в умовах, коли «зелений» підхід перестає бути маркетинговою фішкою і стає ліцензією на роботу на глобальному ринку. В умовах переходу України до європейських екологічних стандартів (згідно з директивами ЄС та курсом на циркулярну економіку) та зростаючого попиту споживачів на екологічно відповідальну продукцію, фахівці галузі зобов'язані мати глибокі знання про екотехнології.

Сучасність вимагає від фахівців усіх рівнів беззаперечної екологічної грамотності. Принципи екологічної безпеки інтегровані в освітні програми та системи професійного розвитку по всьому світу, формуючи екологічну культуру як ключову умову суспільного прогресу. Індустріальний розвиток досяг рівня, коли будь-яке відхилення від екологічно обґрунтованих рішень несе ризик незворотних наслідків для здоров'я суспільства та цілісності природних систем. Це зумовлює нагальну потребу в оволодінні мінімумом екологічних знань, достатнім для забезпечення екологічної безпеки у виробничих та інших сферах.

Цей посібник спрямований надати студентам систематизовані знання про теоретичні основи, нормативно-правову базу та сучасні технологічні принципи, що забезпечують екологічну безпеку та ресурсозбереження у поліграфічній галузі. Сформувати у майбутній поліграфістів практичні навички щодо вибору, впровадження та експлуатації екологічно орієнтованого обладнання та матеріалів на всіх етапах виробничого циклу. Виховати у майбутніх технологів відповідальне екологічне мислення та здатність приймати обґрунтовані рішення, які забезпечують економічну ефективність виробництва без шкоди для здоров'я персоналу та навколишнього середовища, перетворюючи екологічну свідомість на конкурентну перевагу підприємства.

Розділ 1

СТРАТЕГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ГАЛУЗІ: КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТА ПЕРЕХІД ДО ІНДУСТРІЇ 4.0

Тема 1.1. Загальні засади впливу галузі на навколишнє середовище

В останні роки забруднення природного середовища стало однією з найбільш актуальних та глобальних проблем. Поліграфія – одна з найбільш розвинених галузей промисловості, яка характеризується високим ступенем концентрації в населених пунктах, що робить її вплив на довкілля більш помітним.

Для поліграфістів може здатися дивним, але існує думка, що поліграфічна промисловість викидає в навколишнє середовище відносно невелику кількість шкідливих речовин. Однак з урахуванням того, що забруднюючі речовини, які надходять в атмосферу, і стічні води, потрапляють у ґрунт і ґрунтові води, досить небезпечні для людей, тваринного і рослинного світу, а також ті обставини, що більшість поліграфічних підприємств розташовані в межах міста, в зонах житлових масивів і в них фактично відсутні санітарно-захисні зони, захист довкілля на цих підприємствах є необхідною і важливою проблемою.

Поліграфічна промисловість – це досить велика підгалузь целюлозно-паперової промисловості, що належить до видавничої діяльності, яка на сучасному етапі широко розвивається, набуває великих масштабів, поширена по всіх областях і регіонах України та має значний попит на виготовлену продукцію, виступає матеріально-технічною базою видавничого виробництва.

Налічується велика кількість приватних, колективних поліграфічних підприємств і фірм, які здебільшого оснащені сучасною технікою для друку, що успішно конкурують, точніше домінують на ринку пакувальної, рекламної, бланкової та іншої комерційної продукції. Вони помітно підняли рівень якості поліграфічного виконання друкованої продукції.

Розвиток технологічних процесів виробництва різних продуктів супроводжується збільшенням витрати сировинних ресурсів і одночасно об'єму і різновидів промислових рідких, твердих та газоподібних відходів.

Поліграфічне виробництво як джерело забруднення навколишнього середовища пов'язано зі значним розширенням діяльності України в поліграфічній сфері. Станом на 1 січня 2026 року, згідно з даними Державного комітету телебачення і радіомовлення України (Держкомтелерадіо), у Державному реєстрі видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції зареєстровано 8 846 суб'єктів. Протягом 2025 року Реєстр поповнився 267 новими учасниками, що свідчить про поступове відновлення та розвиток книжкового ринку України.

Поліграфічна промисловість не належить до небезпечних галузей виробництва, малі та середні поліграфічні виробництва часто розташовують у житлових зонах та на територіях організацій, не пов'язаних з виробничою сферою. Але разом з тим, матеріалом для поліграфічного виробництва є продукція деревообробної та хімічної промисловості, яка не завжди екологічно безпечна при обробленні, особливо враховуючи новітні тенденції в технологіях поліграфічного виробництва (використання нових покриттів, ультрафіолетового випромінювання для оброблення тощо).

Вплив поліграфічної галузі на загальнодержавний обсяг забруднення.

Поліграфічна галузь не належить до основних «лідерів» за обсягами викидів речовин, що забруднюють атмосферне повітря в масштабах усієї України.

Головними забруднювачами в Україні є:

1. Теплоенергетика (ТЕС, ТЕЦ).
2. Металургія (чорна металургія).
3. Видобувна промисловість.
4. Виробництво будівельних матеріалів (цемент).

Підприємства поліграфічної галузі, хоча і є джерелом деяких викидів (наприклад, летких органічних сполук – ЛОС від фарб та розчинників), мають значно менший вплив на загальнодержавний обсяг забруднення повітря у порівнянні з вищезазначеними важкими галузями промисловості. Її викиди (переважно ЛОС) є мізерними порівняно з викидами металургії та теплоенергетики. Як наслідок, у загальних національних рейтингах найбільших підприємств-забруднювачів поліграфія, як правило, не потрапляє у 20. Через мізерність викидів детальні дані про цю галузь рідко фігурують у публічних топ рейтингах. Статистичні органи зазвичай публікують дані або по найбільших підприємствах (де поліграфія відсутня), або у розрізі великих галузей економічної діяльності (наприклад, «переробна промисловість», куди входить поліграфія, але без деталізації).

Примітка: З 2022 року галузеві та екологічні статистичні дані можуть бути неповними, непублічними або викривленими через повномасштабне вторгнення, яке призвело до зупинки роботи, руйнування або окупації багатьох підприємств.

Глобальні екологічні виклики та їхній прямиий вплив на поліграфічну галузь.

Сьогодні світова поліграфія перебуває у точці «великого переходу». Якщо наприкінці ХХ століття успіх підприємства визначався лише якістю друку та швидкістю, то сьогодні до рівнянь додаються такі змінні, як вуглецевий слід та індекс циклічності. Раніше поліграфічні підприємства керувалися концепцією «контролю на кінці труби» (end-of-pipe). Це означало встановлення фільтрів на викиди та очищення стічних вод. Сьогодні цей підхід вважається застарілим. Сучасна інтегрована модель базується на запобіганні забрудненню ще на етапі проектування видання.

Стара модель: ВИРОБНИЦТВО → ВІДХОДИ → ОЧИЩЕННЯ.

Нова модель: РЕСУРСОЕФЕКТИВНІСТЬ → МІНІМІЗАЦІЯ ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ → ЗАЦИКЛЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ.

Сьогодні світове суспільство усвідомлює критичність зміни клімату, виснаження природних ресурсів та необхідність циркулярної економіки. Це призводить до:

- посилення законодавства, коли державні та міжнародні норми стають суворішими щодо викидів, утилізації та використання небезпечних речовин (наприклад, регламенти REACH в ЄС);
- тиску споживачів та брендів, коли клієнти, особливо великі корпорації, вимагають від своїх постачальників підтвердження екологічної відповідальності та використання «зелених» технологій;
- економічної доцільності, коли зменшення відходів та оптимізація енергоспоживання – це пряма економія коштів.

Україна в глобальному екоконтексті.

Часи, коли Україна розглядалася як ринок для збуту застарілих «брудних» технологій, залишилися в минулому. Сьогодні екологічна стратегія друкарні – це не лише вибір сировини, а невіддільна частина ділової репутації. Сучасний виробник поліграфічної продукції більше не може залишатися пасивним споживачем: відповідальність за життєвий цикл продукту тепер розподіляється між постачальником матеріалів та безпосередньо друкарнею. Це зумовлено глобальним переходом до економіки замкнутого циклу.

Сучасна українська поліграфія інтегрована в європейський простір, що диктує нові правила:

- Для співпраці з західними замовниками українські підприємства впроваджують сертифікацію FSC та звітують про свій вуглецевий слід.
- Впровадження системи управління відходами за стандартами ЄС стимулює друкарні самостійно ініціювати відмову від токсичних матеріалів.
- Замість нав'язаних ззовні технологій, вітчизняні поліграфісти обирають енергоефективне UV-LED обладнання та екологічні фарби на рослинній основі, що є запорукою їхньої конкурентоспроможності на світовій арені.

Одним із головних викликів залишається використання полівінілхлориду (ПВХ). Якщо раніше ПВХ-плівки, листи та профілі були стандартом для рекламної продукції, календарів та елементів оздоблення книг, то сьогодні їх використання стрімко скорочується. Через високий вміст хлору та складність переробки ПВХ стає «персоною нон грата» у світовому пакувальному та видавничому секторах.

У країнах Європейського Союзу, згідно з регламентами REACH (*англ. Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals*, укр. *Реєстрація, оцінка, авторизація й обмеження хімічних речовин*) та директивами щодо одноразового пластику, діють жорсткі обмеження на використання фталатів та хлорованих сполук. Як наслідок – провідні хімічні концерни повністю змінили вектор розвитку, пропонуючи безпечні альтернативи – поліетилен (PE), поліпропілен (PP) та ПЕТ (PET), які легше піддаються вторинному переробленню. На зміну пластиковим елементам приходять біорозкладні плівки, паперові ламінати та матеріали на основі кукурудзяного крохмалю (PLA).

Таким чином, екологізація – це не благодійність, а умова виживання та конкурентоспроможності на сучасному ринку.

Питання для самостійного опрацювання

1. Чому вплив поліграфічних підприємств на навколишнє середовище є помітним, попри відносно невелику кількість викидів?
2. Чому поліграфічна галузь зазвичай не потрапляє до рейтингів двадцяти найбільших забруднювачів України?
3. Які галузі промисловості вважаються головними забруднювачами в Україні порівняно з поліграфією?
4. У чому полягає різниця між «старою» та «новою» моделями екологічного підходу у виробництві?
5. Які три основні фактори зумовлюють необхідність переходу до циркулярної економіки в сучасній поліграфії?
6. Чому використання полівінілхлориду (ПВХ) у видавничому та пакувальному секторах стрімко скорочується?
7. Які безпечні альтернативи ПВХ-матеріалам пропонують сучасні хімічні концерни?
8. Які вимоги західних замовників стимулюють українські поліграфічні підприємства до екологізації?

Тема 1.2. Аналіз екологічних проблем, пов'язаних з використанням сировини, енергоспоживанням та утворенням відходів

Для розв'язання екологічних проблем в рамках Державної цільової екологічної програми проводиться моніторинг навколишнього природного середовища. Це необхідно для накопичення та аналізу даних, в таких напрямках, як вплив на атмосферне повітря викидами, скиди стічних вод та накопичення промислових відходів.

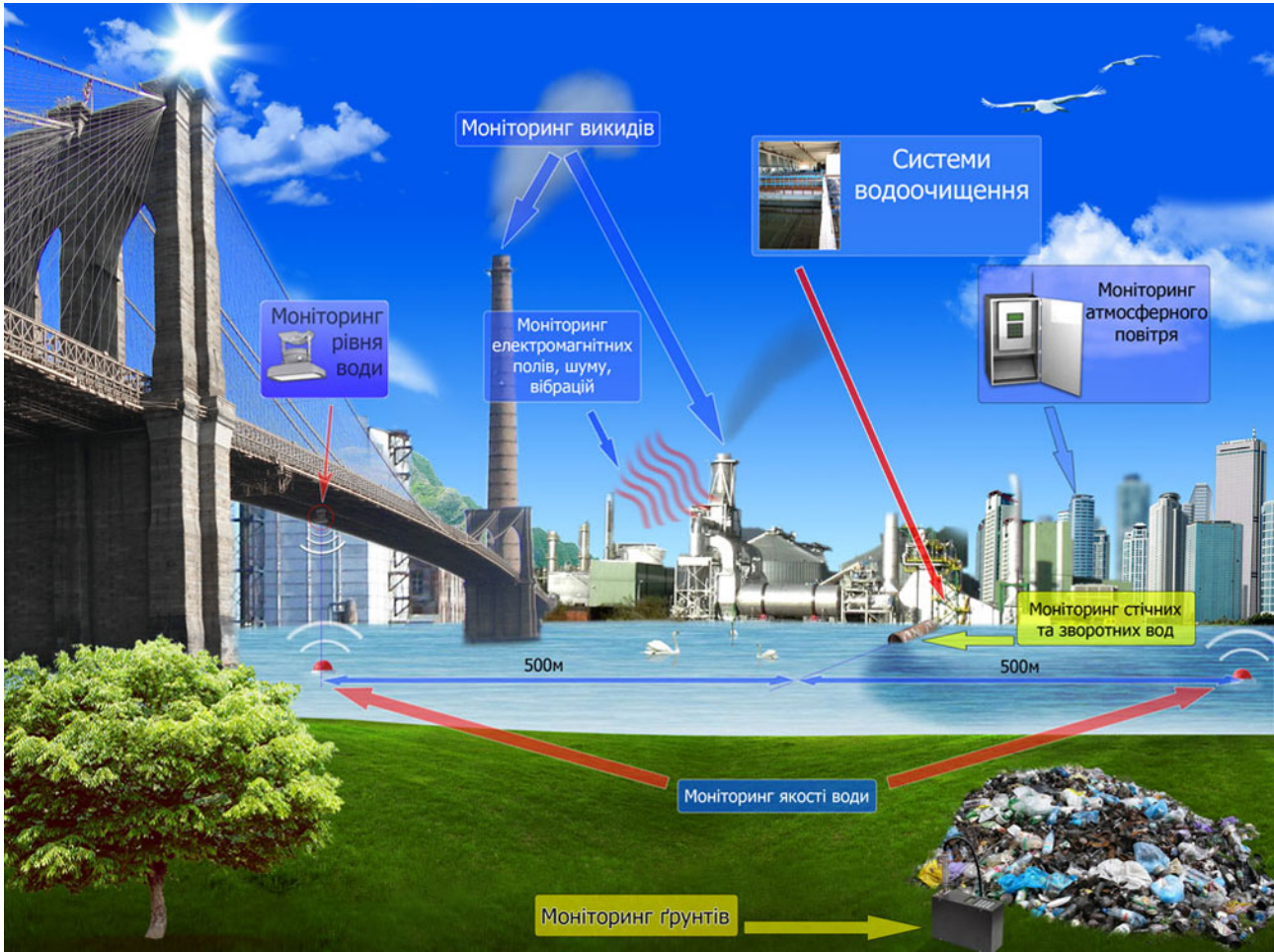


Рис. 1.1. Державний моніторинг екологічного стану довкілля

Державний моніторинг навколишнього природного середовища (ДМНПС) в Україні сьогодні перебуває у процесі суттєвого реформування та модернізації, спрямованих на його приведення у відповідність до стандартів ЄС. Цей процес базується на новому законодавстві, зокрема на Законі України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державної системи моніторингу довкілля, інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та інформаційного забезпечення управління у сфері довкілля» та нових порядках функціонування системи, затверджених Урядом (зокрема, у 2024 році).

Як сьогодні функціонує ДМНПС:

Замість застарілого підходу, система отримала нову, чітко структуровану модель, яка складається з 8 основних підсистем моніторингу:

- ❖ Моніторинг атмосферного повітря (спостереження за забруднюючими речовинами, якість опадів).
- ❖ Моніторинг вод (поверхневі, підземні та морські води).

- ❖ Моніторинг земель і ґрунтів (родючість, забруднення, деградація).
- ❖ Моніторинг лісів.
- ❖ Моніторинг біологічного та ландшафтного різноманіття.
- ❖ Моніторинг геологічного середовища.
- ❖ Моніторинг у сфері управління відходами.
- ❖ Моніторинг впливу фізичних факторів (температура, шум, вібрація, випромінювання).

Моніторинг здійснюється на чотирьох рівнях для забезпечення всебічного контролю:

1. **Національний (державний)**. Координується центральними органами влади (Міндовкілля, ДСНС, Держгідромет та ін.).
2. **Регіональний**. Здійснюється обласними державними адміністраціями / військовими адміністраціями та їхніми структурними підрозділами.
3. **Локальний (місцевий)**. Здійснюється органами місцевого самоврядування.
4. **Об'єктовий**. Здійснюється суб'єктами господарювання, діяльність яких впливає на довкілля.

Суб'єкти моніторингу.

Моніторинг навколишнього природного середовища охоплює ряд послідовних стадій (етапів): збирання інформації, її обробку, передавання, збереження, аналіз, прогнозування майбутніх змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень щодо запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Державну систему забезпечують численні органи, які мають чітко розподілені функції:

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Міндовкілля). Координує всю систему, збирає, обробляє та публікує дані.

Державна гідрометеорологічна служба (Держгідромет). Здійснює спостереження за забрудненням атмосферного повітря (на стаціонарних постах), поверхневих вод, ґрунтів та опадів.

Державна екологічна інспекція (ДЕІ). Проводить вибірковий відбір проб на джерелах викидів та у місцях скидів.

Міністерство охорони здоров'я (МОЗ). Здійснює моніторинг фізичних факторів та санітарно-гігієнічних показників.

Інші центральні органи виконавчої влади (Мінагрополітики, Держводагентство тощо) – кожен у межах своєї компетенції (ґрунти, води, ліси).

Доступність інформації та цифровізація.

Ключовим елементом сучасної реформи є відкритість та цифровізація:

Функціонує **єдина екологічна платформа «ЕкоСистема»** – це головний онлайн-ресурс, де збираються, узагальнюються та публікуються всі дані моніторингу. Інформація стає доступною 24/7 для державних органів та громадськості. Триває розширення мережі автоматизованих постів, особливо для моніторингу атмосферного повітря. Ці пости дозволяють отримувати дані в режимі реального часу, що критично важливо для оперативного реагування.



Система моніторингу може працювати у різних режимах, що є важливим в умовах військової агресії та надзвичайних ситуацій:

- ❖ Повсякденне функціонування.
- ❖ Підвищена готовність.
- ❖ Реагування на надзвичайні екологічні ситуації (наприклад, оцінка збитків, завданих довкіллю внаслідок бойових дій).
- ❖ Відстеження у відновлювальний (реабілітаційний) період.

Таким чином, сьогодні Державний моніторинг – це не просто збір даних, а складна, багаторівнева, інтегрована та оцифрована система, спрямована на оперативне прийняття управлінських рішень та забезпечення конституційного права громадян на достовірну екологічну інформацію.

Питання для самостійного опрацювання

1. Яка основна мета проведення моніторингу навколишнього природного середовища в межах Державної цільової програми?
2. З яких восьми основних підсистем складається сучасна модель державного моніторингу довкілля?
3. На яких рівнях здійснюється екологічний моніторинг для забезпечення всебічного контролю?
4. Які функції виконує Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Міндовкілля) у цій системі?
5. Що таке «ЕкоСистема» і в чому полягає її важливість для цифровізації моніторингу?
6. У яких режимах може працювати система моніторингу довкілля, враховуючи умови надзвичайних ситуацій чи воєнних дій?
7. Який головний орієнтир сучасного реформування Державного моніторингу навколишнього природного середовища в Україні?

Тема 1.3. Концепція сталого розвитку та її застосування в поліграфії

Сталий розвиток – це загальна концепція стосовно необхідності встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їхню потребу в безпечному і здоровому довкіллі.

Що таке Цілі сталого розвитку?

Цілі сталого розвитку ЦСР (SDG – Sustainable Development goals), є альтернативою екстенсивній моделі економічного зростання, яка часто ігнорує екологічну небезпеку. Її три основні складові.

Вказані 17 цілей розвитку тисячоліття; крім того, серед інших пріоритетів, вони також охоплюють нові сфери, такі як кліматичні зміни, економічна нерівність, інновації, стале споживання, мир і справедливість. Цілі є взаємопов'язаними – ключем до успіху в одній із них є розв'язання питань, загалом пов'язаних з іншими.



ЦСР працюють у дусі партнерства і спрямовані на правильний вибір з метою стабільного підвищення якості життя для майбутніх поколінь. Вони містять чіткі орієнтири та цільові показники, які всі країни мають запровадити відповідно до власних пріоритетів і екологічних проблем світу загалом. ЦСР є інклюзивним порядком денним. Вони усувають основні причини бідності та об'єднують нас для запровадження позитивних змін для людей і планети. «Підтримка Порядку денного до 2030 року є одним із пріоритетів Програми розвитку ООН», – заявила Адміністратор Програми розвитку ООН Хелен Кларк. «ЦСР надають нам загальний план і порядок денний для розв'язання нагальних проблем, що стоять перед нашим світом, таких як бідність, кліматичні зміни та конфлікти. ПРООН має досвід і знання, необхідні для досягнення прогресу і надання допомоги країнам на шляху до сталого розвитку».

В основі концепції лежить модель «потрійного підсумку», яка базується на таких складових:

- економічна стійкість;
- соціальна відповідальність;
- екологічна цілісність.

1. **Економічна стійкість** – це забезпечення економічного зростання та ефективності, але з урахуванням екологічних та соціальних обмежень. Створення «зелених» робочих місць та стійких бізнес-моделей.

2. **Соціальна відповідальність** – забезпечення економічного зростання та ефективності, але з урахуванням екологічних та соціальних обмежень. Створення «зелених» робочих місць та стійких бізнес-моделей.

3. **Екологічна цілісність** – мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище, раціональне використання природних ресурсів, захист екосистем, зменшення забруднення.

Чому поліграфія потребує «зеленої» трансформації? Тому що поліграфічна галузь традиційно вважається ресурсомісткою. Основні чинники впливу на довкілля, таких як вирубка лісів (папір – основний матеріал), хімічне забруднення (використання фарб на нафтовій основі, розчинників та важких металів), енергоспоживання (робота потужних друкарських машин та сушильних систем), відходи (макулатура, відпрацьовані форми, пластикова упаковка).

Застосування концепції сталого розвитку в поліграфії.

Поліграфічна галузь, як промислове виробництво, має значний вплив на навколишнє середовище через споживання ресурсів, використання хімікатів та утворення відходів. Застосування принципів сталого розвитку в поліграфії спрямоване на зменшення екологічного сліду та підвищення соціально-економічної ефективності процесів.

1. Економічні аспекти.

Ефективність та інновації, що впроваджуються в поліграфії представлені цифровим друком, як друк на вимогу та малих тиражів, що усуває необхідність у великих складських запасах і знижує обсяги невикористаної продукції. Замість того щоб надрукувати 10 000 книг, які роками лежатимуть на складі (і, можливо, будуть списані), друкується рівно стільки, скільки купили. Це радикально знижує економічні ризики. Світ стає суворішим. Впровадження екостандартів сьогодні – це захист від величезних штрафів або «вуглецевих податків» завтра. Також це оптимізація логістики для зменшення транспортних витрат і викидів CO₂ та інвестиції в довговічне та ремонтпридатне обладнання. Кожен зекономлений кілограм паперу (завдяки точнішому налаштуванню машини) – це прямі гроші в кишеню власника. Менше відходів = менше витрат на сировину та утилізацію. Великі корпорації (як-от Apple чи Coca-Cola) тепер обирають підрядників лише з екосертифікатами. Отже, бути «зеленим» – це перепустка до великих контрактів.

2. Соціальні аспекти.

Соціальні аспекти сталого розвитку визначаються перш за все забезпеченням безпечних та здорових умов праці (особливо важливе при роботі з хімічними речовинами), навчанням та підвищенням кваліфікації персоналу у сфері екологічних та інноваційних технологій. Також це взаємодія з постачальниками, які дотримуються етичних та екологічних стандартів, прозоре інформування клієнтів про екологічність продукції (маркування, сертифікати). Впровадження цих принципів допомагає поліграфічним підприємствам стати більш стійкими, ефективними та відповідальними учасниками ринку.

3. Екологічні аспекти.

Поліграфісти аналізують шлях книги чи упаковки від вирощування дерева для паперу до моменту, коли споживач викине її в смітник. Мета – зробити цей шлях максимально «чистим». В першу чергу це використання сертифікованого паперу (наприклад, FSC – Лісової наглядової ради), що підтверджує відповідальне лісокористування. Також застосування

переробленого паперу або матеріалів для вторинної переробки. Відмова від ізопропілового спирту у зволоженні та перехід на фарби без кобальту. Це не тільки краще для природи, а й для легенів друкаря. Перехід на екологічні фарби (наприклад, на рослинній основі, без летких органічних сполук – ЛОС) замість традиційних сольвентних, суттєво впливає на екологічну складову виробництва як і використання пластин без хімічної обробки (Computer-to-Plate без проявника). Зменшення «вуглецевого сліду» означає використання енергії з відновлюваних джерел (сонячні панелі на даху друкарні) та оптимізацію логістики, щоб вантажівки не возили «повітря». Управління відходами виробництва це не просто збір макулатури. Це дизайн упаковки, який легко розібрати на частини для переробки (наприклад, відмова від змішування пластику з папером, які неможливо розділити). Впровадження енергоефективного обладнання та технологій суттєво оптимізує виробничий процес та сприяє зменшенню відходів та браку.

Ключові напрями впровадження сталого розвитку в поліграфії це:

Екологічні матеріали:

- Використання паперу з вторинної сировини або сертифікованого паперу (FSC або PEFC). Це гарантує, що деревина походить з лісів, де ведеться відповідальне господарство.
- Друк на папері з соломи, коноплі, бамбука або навіть каменю (кам'яний папір).
- Перехід від фарб на основі нафтопродуктів до рослинних фарб (соєвих, лляних). Вони містять значно менше летких органічних сполук (ЛОС) і легше видаляються під час переробки паперу.

Енергоефективність та технології:

- LED-UV друк. Технологія миттєвого закріплення фарби за допомогою світлодіодів. Вона споживає на 70–80 % менше енергії, ніж традиційні УФ-лампи, і не виділяє озону.
- Computer-to-Plate (CtP). Пряме виготовлення форм без використання проміжних плівок та агресивних хімікатів.
- Цифровий друк. Дозволяє друкувати рівно стільки копій, скільки потрібно, що радикально зменшує кількість нереалізованої та списаної продукції.

Управління відходами. Принцип «замкненого циклу» передбачає:

- Мінімізацію браку при налаштуванні машин.
- Переробка всіх відходів: від алюмінієвих форм до пластикових каністр з-під фарби.
- Використання біорозкладних ламінацій та клеїв.

Екологічна сертифікація як стандарт ринку.

Для підтвердження статусу «сталого» підприємства друкарні проходять міжнародну сертифікацію. Сертифікація – це своєрідний «технічний паспорт» екологічності. У світі, де кожен другий бренд намагається здаватися «зеленим» (що називають *грінвошингом* або «зеленим камуфляжем»), міжнародні сертифікати є єдиним об'єктивним доказом того, що друкарня справді дотримується стандартів.

- **ISO 14001:** Стандарт екологічного менеджменту.
- **FSC (Forest Stewardship Council):** Логотип «дерево з галочкою» на книзі чи пакованні означає відповідальне джерело сировини.
- **EU Ecolabel (The Flower):** Європейське маркування для продуктів з низьким екологічним впливом протягом усього життєвого циклу.

Впровадження концепції сталого розвитку в поліграфії – це не лише данина моді, а стратегічна необхідність. Клієнти (особливо міжнародні бренди) дедалі частіше обирають підрядників, які можуть довести свою екологічну відповідальність. Таким чином, «зелені» технології стають конкурентною перевагою, що дозволяє економити ресурси та залучати нових замовників.

Питання для самостійного опрацювання

1. У чому полягає основна суть загальної концепції сталого розвитку?
2. Які три основні складові лежать в основі цієї концепції?
3. Що таке Цілі сталого розвитку (ЦСР) та які нові сфери, крім економічних, вони охоплюють?
4. Чому поліграфічна галузь традиційно вважається ресурсомісткою та які основні чинники її впливу на довкілля?
5. Як впровадження цифрового друку допомагає знизити економічні ризики та обсяги відходів у поліграфії?
6. Які заходи в межах екологічної цілісності спрямовані на мінімізацію негативного впливу друкарень на навколишнє середовище?
7. Яку роль відіграє соціальна відповідальність у діяльності поліграфічного підприємства?
8. Чому міжнародні сертифікати (наприклад, ISO 14001 чи FSC) є важливими для підтвердження статусу підприємства?

Тема 1.4. Оцінка життєвого циклу (LCA) як інструмент екологічного аналізу

Оцінка Життєвого Циклу (LCA) – це стандартизована, систематична методологія для кількісної оцінки всіх потенційних впливів продукту, процесу чи системи на довкілля протягом усього його життєвого циклу.

У світі, де «зелений» маркетинг став мейнстримом, споживачі дедалі частіше ставлять незручні запитання: «Чи дійсно цей продукт екологічний?». Відповідь дає LCA (Life Cycle Assessment) – науковий метод, що не залишає місця для маніпуляцій. Уявіть, що ви купуєте паперовий пакет замість пластикового, вважаючи це перемогою для планети. Але чи врахували ви обсяг води, використаний для вирощування лісу, енергію на целюлозному заводі та хімікати для відбілювання? Саме тут на сцену виходить Оцінка життєвого циклу (LCA).

LCA – це не просто звіт про викиди. Це комплексне дослідження, що простежує шлях продукту через усі «кола пекла» промислового виробництва та споживання. Замість того щоб фокусуватися лише на заводській трубі, експерти аналізують весь шлях: від видобутку сировини (cradle – колиска) до остаточної утилізації чи переробки (grave – могила).

Чому це важливо саме зараз і як це працює.

Головна цінність методу – у запобіганні «перенесенню екологічного навантаження». Без LCA компанія може зменшити викиди вуглецю, але водночас почати використовувати токсичні матеріали, що забруднюють ґрунтові води. LCA виявляє такі «пастки», роблячи картину екологічного впливу цілісною та прозорою.

Проведення LCA – це строгий процес, що регулюється міжнародними стандартами ISO 14040/44. Він складається з чотирьох ключових фаз:

1. Визначення мети

На цьому етапі встановлюється «фундамент» – що саме ми порівнюємо? Наприклад, не просто «пляшку», а «тару для транспортування 1000 літрів напою».

2. Інвентаризація

Найскладніший етап, де збираються дані про кожен грам палива, літр води та кіловат енергії, витрачені на кожному етапі.

3. Оцінка впливу

Отримані цифри переводяться в екологічні категорії: потенціал глобального потепління, закислення океану чи руйнування озонового шару.

4. Інтерпретація

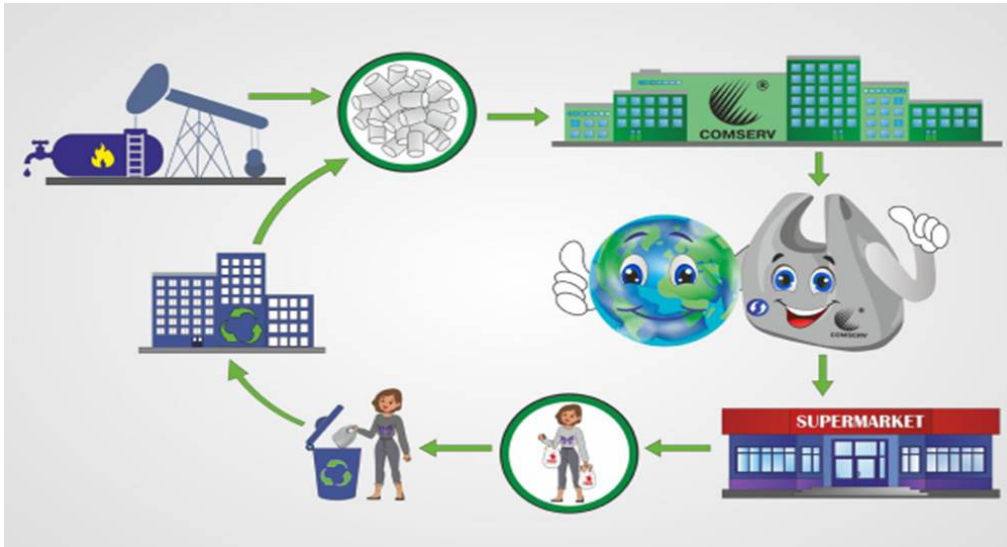
Фінальний аналіз, який дає відповідь на питання: Де слабкі місця і як їх виправити?

LCA як інструмент бізнесу: не лише етика, а й прибуток. Сьогодні LCA стає частиною бізнес-стратегій. Компанії використовують цей інструмент для:

- Екодизайну: Створення продуктів, які легше переробляти.
- Маркетингу: Отримання екологічних декларацій (EPD), які є «золотим стандартом» довіри в ЄС.
- Оптимізації витрат: Менше використаних ресурсів часто означає менші витрати.

Життєвий цикл поліетиленового пакета.

Розгляньмо життєвий цикл поліетиленового пакета. Оцінка життєвого циклу дозволяє поглянути на звичайний поліетиленовий пакет не просто як на сміття, а як на складний ланцюжок перетворень енергії та матеріалів: від свердловини до звалища або переробки.



Ось основні етапи цього циклу згідно з методологією LCA:

1. Видобуток сировини

Більшість пакетів виготовляються з поліетилену низької щільності (LDPE) або високої щільності (HDPE).

- Джерело: Видобуток нафти або природного газу.
- Вплив на довкілля: На цьому етапі основне навантаження – це вичерпання невідновлюваних ресурсів та викиди вуглецю під час буріння та транспортування сировини.

2. Виробництво та перероблення

- Крекінг: Нафта розщеплюється на етилен.
- Полімеризація: Етилен перетворюється на поліетиленові гранули.
- Екструзія: Гранули плавляться і видувуються у тонку плівку, з якої формуються пакети.

➤ Енергомісткість: Цей етап є найбільш енерговитратним. Проте, якщо порівнювати з паперовими пакетами, виробництво пластику споживає значно менше води та хімікатів.

3. Розподіл та логістика

Завдяки надзвичайно малій вазі, логістичний слід одного поліетиленового пакета мінімальний. Ви можете перевезти тисячі пакетів в одній вантажівці, що робить їх «ефективнішими» за важкі багаторазові сумки на цьому короткому етапі.

4. Використання

Це «золота година» пакета, яка зазвичай триває всього 12–25 хвилин. (Якщо пакет використовується повторно (наприклад, як пакет для сміття), його сумарний екологічний вплив зменшується, оскільки він замінює собою купівлю спеціального сміттевого мішка).

5. Кінець життєвого циклу

Тут починаються найбільші проблеми, які часто недооцінюються в спрощених LCA, але критичні для екології:

Варіант А: Переробка. Технічно можлива, але економічно часто не вигідна через низьку вартість первинної сировини та складність сортування.

Варіант Б: Спалювання. Дає енергію, але викидає CO₂.

Варіант В: Сміттєзвалище. Пакет може розкладатися від 100 до 500 років, перетворюючись на мікропластик.

Варіант Г: Витік у довкілля. Потрапляння в океани, де шкода біорізноманіттю не завжди повністю враховується стандартними формулами LCA, що фокусуються лише на вуглецевому сліді.

Порівняльна таблиця.

Згідно з дослідженнями (наприклад, Агентства з охорони довкілля Великобританії), щоб зрівнятися за «екологічністю» (Global Warming Potential) з одним поліетиленовим пакетом, інші типи сумок треба використати таку кількість разів:

Тип сумки	Кількість використань для компенсації впливу
Паперовий пакет	3 рази
Поліпропіленова сумка	11 разів
Бавовняна екосумка	131 раз (через величезні витрати води на вирощування бавовни)

Важливо: LCA показує, що пластик «виграє» за викидами CO₂ та використанням води при виробництві, але катастрофічно «програє» на етапі утилізації та забруднення океану.

Проблеми та виклики LCA

Попри свою потужність, LCA має «ахіллесову п'яту» – дані. Якість аналізу напряму залежить від точності інформації, наданої постачальниками. Крім того, класична оцінка не враховує соціальні аспекти, як-от умови праці, що змушує вчених розробляти більш широку концепцію – LCSA (Life Cycle Sustainability Assessment).

LCA перетворює екологію з емоційної дискусії на точну науку. Для сучасного поліграфічного підприємства це вже не розкіш, а квиток на глобальний ринок, де прозорість цінується вище за яскраву рекламу. Майбутнє належить тим, хто знає ціну свого продукту – не лише в грошах, а й у літрах води та грамах CO₂.

Кава з собою – екологічна дилема.

Пропоную розібрати кейс, який часто викликає суперечки: **«Паперове горнятко проти пластикового багаторазового стакану»**. На цьому прикладі ми побачимо, як LCA руйнує стереотипи.

Багато хто вважає, що паперове горнятко – це екофрендлі вибір. Але чи так це насправді, якщо подивитися через призму повного життєвого циклу?

Спочатку потрібно порівняти стадії життєвого циклу. Для об'єктивного аналізу ми порівнюємо функцію: «споживання 500 порцій кави».

Стадія циклу	Паперове горнятко (одноразове)	Пластиковий стакан (багаторазовий)
Сировина	Целюлоза (вирубка лісів) + тонка пластикова плівка всередині	Щільний поліпропілен (викопне паливо)
Виробництво	Енергозатратне (відбілювання, формування)	Високе споживання енергії на одиницю товару
Використання	15 хвилин. Потрібно 500 штук	Використовується 500 разів. Потребує миття
Утилізація	Важко переробити через суміш паперу та пластику. Більшість іде на звалище	Може бути перероблений після завершення терміну служби

Головний висновок LCA в цьому питанні полягає в тому, що багаторазовий стакан стає екологічнішим лише після певної кількості використань.

Вуглецевий слід: Щоб окупити викиди CO₂ на виробництво одного міцного пластикового стакану порівняно з паперовими, його потрібно використати приблизно 15–30 разів.

Водний слід: Тут ситуація складніша. Оскільки багаторазовий посуд потрібно мити гарячою водою з мийними засобами після кожного використання, його вплив на категорію «використання води» та «евтрофікація» може бути вищим, ніж у паперового, якщо мити його неефективно.

Завдяки LCA ми розуміємо, де саме потрібно вносити зміни:

Для паперових горняток основна проблема – стадія видобутку сировини та утилізація. Рішення: перехід на небілений картон та створення спеціалізованих пунктів переробки суміші «папір-пластик».

Для багаторазових стаканів – це стадія використання (миття). Рішення: використання посудомийних машин з екорезимом та холодної води для полоскання.

Висновок аналізу.

LCA показує, що багаторазове не завжди краще за замовчуванням. Воно стає кращим лише за умови тривалого використання та відповідального догляду. Без цифр ми б просто гадали, а з LCA – маємо стратегію.

Можна сміливо стверджувати, що для сучасного поліграфічного виробництва впровадження LCA – це шлях до оптимізації витрат, отримання міжнародних сертифікатів довіри (EPD) та створення дійсно відповідального екопродукту.

Питання для самостійного опрацювання

1. Що таке методологія LCA та яка її основна мета?
2. Які чотири ключові фази проведення LCA встановлені стандартами ISO 14040/44?
3. У чому полягає суть поняття «перенесення екологічного навантаження»?
4. Чому етап видобутку сировини для поліетиленових пакетів вважається критичним для довкілля?
5. Який етап життєвого циклу пластикового пакета є найбільш енерговитратним?
6. Який парадокс виявляє LCA щодо бавовняних екошумок у порівнянні з пластиковими?
7. Які головні проблеми виникають на етапі утилізації («кінця життєвого циклу») поліетилену?
8. Скільки разів потрібно використати багаторазовий пластиковий стакан, щоб окупити його вуглецевий слід порівняно з паперовим?
9. Чому етап використання багаторазового посуду може мати негативний вплив на довкілля?

Тема 1.5. Міжнародні екологічні стандарти та екомаркування

Поліграфічна індустрія України та міжнародні екологічні стандарти.

Сучасна поліграфічна галузь України перебуває у стані фундаментальної трансформації, де традиційні методи виробництва перетинаються з жорсткими вимогами глобального екологічного порядку денного та викликами воєнного часу. Процес інтеграції України до Європейського Союзу диктує необхідність не просто поверхневого ознайомлення з міжнародними стандартами, а глибокого впровадження систем екологічного менеджменту, сертифікації ланцюгів постачання та отримання міжнародно визнаного екомаркування.

Поліграфічний сектор України у 2024 році продемонстрував надзвичайну адаптивність. Попри безпрецедентні виклики, спричинені агресією РФ, галузь залишається стратегічно важливою для економічного відновлення. На II Міжнародній конференції поліграфістів у Львові (жовтень 2024 року) під гаслом "PRINT TO WIN" було підкреслено, що друкарство є фундаментом для відбудови економіки, інформаційної стабільності та міжнародного партнерства.

Економічні показники та ринкові тренди.

Глобальний ринок друку продовжує зростати, попри прогнози щодо повної диджиталізації. Очікується, що світовий обсяг ринку зросте з 339,57 млрд доларів у 2024 році до 357,8 млрд доларів у 2025 році з сукупним річним темпом зростання (CAGR) на рівні 5,4 %. В Україні ситуація є складнішою, проте аналіз доходів свідчить про позитивну динаміку у значній частини гравців ринку.

Показник розвитку поліграфічних підприємств (2024)	Частка підприємств
Зростання доходів від продажів (порівняно з 2023)	42 %
Стабільний рівень доходів	28 %
Зменшення доходів	30 %
Середній рівень завантаження потужностей	76 %
Завантаження потужностей великих компаній (>50 осіб)	79 %
Частка експорту, спрямована на ринки ЄС	93 %

Зростання витрат залишається головним обмежуючим фактором. У 2025 році 87 % компаній зафіксували зростання витрат на персонал, а середнє підвищення заробітної плати склало близько 14 %. Це створює тиск на маржинальність, яка суттєво знизилася у 38 % підприємств (*Маржинальність – це фінансовий показник ефективності бізнесу, що відображає частку прибутку в ціні реалізованого товару чи послуги у відсотках*). У таких умовах екологізація виробництва часто розглядається не лише як засіб захисту довкілля, а як інструмент підвищення ресурсоефективності та зниження операційних витрат.

Міжнародна система екологічної стандартизації: Серія ISO 14020.

Для професійного розуміння екомаркування необхідно звернутися до методологічної бази, закладеної Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO). Серія стандартів ISO 14020 надає принципи та процедури для розробки екологічних етикеток та декларацій, які допомагають споживачам приймати обґрунтовані рішення щодо купівлі.

Концептуальні відмінності типів екомаркування.

Система ISO класифікує екологічну інформацію на три основні типи, кожен з яких має різний рівень верифікації та глибини охоплення життєвого циклу продукту.

Тип маркування	Стандарт	Характеристика	Рівень верифікації
Тип I	ISO 14024	Багатокритеріальна оцінка життєвого циклу. Надається незалежним органом.	Третя сторона (найвищий рівень)
Тип II	ISO 14021	Самодекларовані екологічні твердження (наприклад, «100 % переробки»).	Самодекларація виробника (потребує наукового обґрунтування)
Тип III	ISO 14025	Екологічна декларація продукту (EPD). Кількісні дані на основі LCA.	Верифіковані дані, але без встановлених порогів якості

ISO 14024 (Тип I) є найбільш авторитетним стандартом для поліграфічної галузі. Він передбачає встановлення жорстких критеріїв для цілої категорії продуктів. Процес включає консультації з усіма зацікавленими сторонами та оцінку впливу продукту від видобутку сировини до його утилізації. Саме на цьому стандарті базуються такі програми, як EU Ecolabel та український «Зелений журавлик».

ISO 14021 (Тип II) дозволяє компаніям швидко реагувати на ринкові запити, роблячи специфічні заяви. Проте, згідно з інструкціями ISO, такі твердження мають бути точними, не вводити в оману та бути перевірені за допомогою надійних методологій. Наприклад, якщо друкарня стверджує, що її папір є «біорозкладним», вона повинна мати результати лабораторних тестів, що підтверджують це у відповідних умовах довкілля.

ISO 14025 (Тип III) орієнтований на B2B-комунікацію (бізнес для бізнесу). Екологічні декларації продукту (EPD) надають детальний профіль впливу, включаючи потенціал глобального потепління, споживання води та використання енергії. Це дозволяє великим видавництвам або корпоративним замовникам агрегувати екологічні дані по всьому ланцюгу постачання.

Лісова сертифікація: Фундамент сталого друку (FSC та PEFC).

Оскільки папір та картон становлять основну частку витратних матеріалів у поліграфії, походження деревної маси є критичним фактором екологічності. Міжнародні системи лісової сертифікації FSC (Forest Stewardship Council) та PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) забезпечують впевненість у тому, що ліси використовуються відповідально.

Україна має складну, але прогресивну історію впровадження стандартів FSC. У період з 2015 по 2019 рік відбувалася розробка Національного стандарту лісового господарства FSC для України, який був схвалений у липні 2019 року та набув чинності у березні 2020 року. Цей стандарт базується на 10 глобальних принципах, адаптованих до українського правового та географічного контексту.

Принципи сталого лісокористування FSC	Основна спрямованість
Відповідність законодавству	Дотримання національних законів та міжнародних угод
Права працівників та умови праці	Захист соціальних прав лісівників
Права корінних народів та громад	Взаємодія з місцевим населенням
Вплив на довкілля	Збереження екосистем та біорізноманіття
Моніторинг та оцінка	Регулярний контроль екологічних та соціальних наслідків

Важливим аспектом є сертифікація ланцюга постачання (Chain of Custody). Для друкарні це означає необхідність суворого обліку сертифікованої та несертифікованої продукції. Клієнти, які бажають розмістити логотип FSC на своїх книгах або упаковці, повинні замовляти послуги саме в сертифікованих компаніях, які пройшли аудит на відповідність процедурам простежуваності.

Проблеми доброчесності та вплив війни.

Система FSC в Україні зіткнулася з серйозними викликами щодо прозорості. У 2020 році після розслідувань було анульовано сертифікати 29 організацій через причетність до незаконних рубок та корупції. Війна лише ускладнила ситуацію, оскільки значні лісові масиви стали недоступними або забрудненими мінами. Станом на 2024 рік близько 23 % території України (139 тис. кв. км) потенційно заміновані, що завдає непоправної шкоди лісовим екосистемам та ускладнює проведення польових аудитів.

Попри це, сертифікація PEFC також продовжує діяти в Україні, охоплюючи низку філій ДП «Ліси України» у Львівській, Київській, Вінницькій та Хмельницькій областях. Для поліграфістів наявність паперу з маркуванням PEFC є альтернативним способом підтвердження екологічності сировини, особливо на ринках, де цей стандарт є домінуючим.

Регіональні системи екомаркування I типу: EU Ecolabel та Nordic Swan.

Для українських експортерів поліграфічної продукції критично важливим є розуміння вимог двох найбільш впливових регіональних екомаркувань Європи. Ці системи висувають вимоги, що часто виходять за рамки простого дотримання законодавства, фокусуючись на хімічній безпеці та енергоефективності.

EU Ecolabel (відомий як «Європейська квітка») регулюється Регламентом ЄС та є офіційним добровільним маркуванням Європейського Союзу. Критерії для друкованого паперу та паперових виробів (Рішення Комісії 2020/1803) є результатом широких консультацій та наукового аналізу, проведеного Спільним дослідницьким центром (JRC).

Ключові вимоги EU Ecolabel для поліграфії включають:

1. Обмеження шкідливих речовин: Заборона використання речовин, що викликають особливе занепокоєння (SVHC), а також специфічні обмеження для фталатів, біоцидів, галогенованих розчинників та певних типів друкарських фарб.
2. Викиди в атмосферу та воду: Регулювання викидів летких органічних сполук (ЛОС) при офсетному та флексографічному друці. Особлива увага приділяється відновленню толуолу при ротогравюрному друці.
3. Ефективність переробки: Продукція повинна легко піддаватися видаленню фарби (de-inking) під час вторинної переробки. Це виключає використання певних адгезивів, які можуть забруднювати паперову масу.
4. Використання субстратів: Друкарня повинна використовувати папір, який сам має маркування EU Ecolabel або відповідає його критеріям щодо сталого походження волокон.

Nordic Swan: Лідер сталого розвитку Скандинавії.

Засноване в 1989 році, маркування Nordic Swan є офіційним знаком північних країн (Данія, Фінляндія, Ісландія, Норвегія, Швеція). Це одне з найсуворіших маркувань у світі, яке охоплює понад 58 різних груп продуктів. Для поліграфічних компаній Nordic Swan встановлює жорсткі пороги енергоспоживання на кожен тону продукції та вимагає, щоб щонайменше 70 % волокон у папері були сертифіковані FSC або PEFC.



Процес отримання ліцензії Nordic Swan передбачає:

- Початковий аудит. (Аналіз поточної документації та сировини).
- Декларування в Supply Chain Portal. (Постачальники фарб, клеїв та паперу повинні зареєструвати свої інгредієнти в спеціальній базі даних для перевірки на відповідність критеріям Nordic Swan).
- Постійний контроль. (Ліцензія видається на 3–5 років, після чого критерії зазвичай переглядаються і стають ще суворішими, що стимулює постійні інновації (так званий «Ефект лебедя»)).

Українська система екомаркування: «Зелений журавлик».



Україна має власну розвинену систему екомаркування I типу згідно з ISO 14024. Знак «Зелений журавлик» (стилізований паросток у формі птаха на тлі Землі) адмініструється ВГО «Жива планета» та визнаний Глобальною мережею екологічного маркування (GEN). Оцінка відповідності в Україні проводиться за стандартами серії COU OEM – це галузеві екологічні критерії (Стандарти Організацій України – Оцінка Екологічних Маркувань), що базуються на міжнародному стандарті ISO 14024. Для поліграфічної продукції та послуг «Зеленого офісу» існують специфічні критерії, спрямовані на зменшення споживання ресурсів та безпеку виробничих процесів.

Категорія вимог COU OEM 08.002.36.067	Обов'язкові параметри
Енергоефективність	Не менше 40 % освітлення – енергоефективні лампи; не менше 10 % – LED
Екологічний менеджмент	Наявність системи електронного документообігу для зменшення паперового потоку
Управління відходами	Роздільний збір вторинної сировини; безпечне зберігання флуоресцентних ламп
Терморегуляція	Налагоджена система теплоізоляції та чистота теплообмінників вентиляції

Наявність маркування «Зелений журавлик» дає українським виробникам кілька ключових переваг. По-перше, це легітимний інструмент для участі в «зелених» державних закупівлях. Відповідно до роз'яснень Prozorro, замовники можуть встановлювати екологічні вимоги до товарів та послуг, посилаючись на стандарти COU OEM, якщо вони безпосередньо стосуються предмета закупівлі та є вимірними. По-друге, це підготовка до міжнародної сертифікації, оскільки українські екологічні критерії значною мірою гармонізовані з європейськими регіональними програмами.

Екологічна сертифікація як ключ до міжнародних ринків.

Екологічна трансформація галузі відбувається на тлі масштабної реформи національного законодавства. Угода про асоціацію з ЄС стала головним каталізатором змін, зобов'язавши Україну впровадити європейські норми захисту довкілля та контролю промислового забруднення.

Навіть під час війни Україна послідовно виконує свої зобов'язання, адаптуючи законодавство щодо якості повітря, води та управління відходами. Це не просто формальність, а умова доступу до структурних фондів ЄС та зняття перешкод в торгівлі.

Для українських виробників сертифікація за міжнародними стандартами є не просто «зеленою наклейкою», а вхідним квитком до глобальних ланцюгів постачання. Європейські видавництва та ритейлери дедалі частіше включають вимоги щодо ISO 14001 та екомаркування I типу у свої тендерні умови.

ISO 14001 встановлює критерії для системи екологічного менеджменту (EMS). Цей стандарт не визначає конкретні показники викидів, але створює рамку, в якій організація може постійно покращувати свою екологічну ефективність.

➤ Систематичний аналіз енергоспоживання та відходів дозволяє виявити приховані втрати ресурсів.

➤ Незалежний аудит демонструє високі етичні стандарти компанії та її готовність до довгострокової співпраці.

➤ Наявність EMS допомагає запобігати екологічним інцидентам та штрафам за порушення природоохоронного законодавства.

Прикладом успішної реалізації є міжнародні книжкові фабрики, такі як Livonia Print, які мають повний набір сертифікатів: ISO 14001 для виробничих процесів, FSC Chain-of-Custody для сировини та ліцензію EU Ecolabel на всі технології друку.

Політика «зелених» публічних закупівель (GPP) в Європейському Союзі активно використовує екомаркування I типу як доказ відповідності технічним специфікаціям. Аналогічні процеси розпочалися і в Україні. Інтеграція вимог ISO 14024 у виробництво та торгівлю є частиною Європейського зеленого курсу, до якого Україна приєднується як країна-кандидат у члени ЄС. Це створює нові ніші для виробників екологічно безпечного паперу, зошитів, книг та пакувальних матеріалів.

Для поліграфічних підприємств це означає необхідність перегляду всіх технологічних процесів. Суб'єкти господарювання зобов'язані не лише дотримуватися вимог щодо збирання та перевезення, а й забезпечувати не змішування відходів, що можуть бути відновлені, з тими, що підлягають лише видаленню. Важливим інструментом контролю є декларація про відходи. Власники відходів, чия діяльність призводить до утворення небезпечних відходів або річний обсяг утворення небезпечних відходів яких перевищує 50 т, зобов'язані щорічно подавати відповідну звітність. Це стимулює середні та великі друкарні до впровадження систем точного моніторингу масових потоків сировини.

Нормативний акт	Сфера регулювання	Ключова вимога для друкарень
Закон № 2320-IX	Загальне управління відходами	Дотримання ієрархії та не змішування відходів
Постанова КМУ № 556	Декларування відходів	Подання декларації при перевищенні 50 т на рік
Постанова КМУ № 1031	Тарифоутворення	Формування тарифів на відновлення та видалення
ДСТУ 4462.3.01:2006	Охорона природи	Порядок здійснення операцій поводження з відходами

Окрім основного закону, галузь регулюється низкою державних стандартів (ДСТУ), що визначають технічні умови поводження з конкретними видами матеріалів. Наприклад, ДСТУ 8400:2015 та ДСТУ 8401:2015 регламентують вимоги до пакування та зберігання паперу й картону, що є критичним для збереження їхніх якостей як вторинної сировини. Стандарти серії ДСТУ 4462 спрямовані на забезпечення єдності у маркуванні, пакуванні та транспортуванні небезпечних відходів, забезпечуючи безпеку логістичних ланцюгів від друкарні до переробного заводу. Нові стандарти 2025 року, такі як ДСТУ 9328 щодо екоіндустріальних парків, вказують на стратегічний напрямок розвитку промисловості – створення замкнених циклів у межах спеціалізованих виробничих зон.

Виклики впровадження та майбутні перспективи.

Попри чіткий вектор розвитку, існують значні перешкоди на шляху до повної екологізації галузі в Україні. Процес аудиту, лабораторних випробувань та оплата щорічних ліцензійних зборів (як у випадку з Nordic Swan або EU Ecolabel) є суттєвим фінансовим навантаженням, особливо для малого та середнього бізнесу. Отримання екомаркування на кінцевий продукт вимагає, щоб усі інгредієнти (папір, фарба, клей) також були сертифіковані або задекларовані постачальниками. В умовах війни логістика часто змінюється, що ускладнює підтримку сталого профілю продукту. Не всі підприємства мають достатньо знань про різницю між типами екомаркування, що іноді призводить до використання сумнівних тверджень, які можуть бути сприйняті як грінвошинг на міжнародному рівні.

Проте, майбутнє 2025–2030 років виглядає перспективним, завдяки синергії між екодизайном та новими регуляторними актами ЄС, – такими як Регламент щодо екодизайну для сталих продуктів (ESPR). Очікується, що вимоги до придатності переробки та прозорості (цифрові паспорти продуктів) стануть частиною стандартних критеріїв екомаркування для друкованої продукції.

Аналіз поліграфічної індустрії України в контексті міжнародних екологічних стандартів дозволяє стверджувати, що сталий розвиток є єдиним життєздатним шляхом для галузі. Попри воєнні дії, українські друкарні демонструють високу стійкість та готовність до інновацій.

Екологічне маркування сьогодні – це не лише сертифікат на стіні, а складна система управління знаннями, ресурсами та довірою споживачів. Впровадження міжнародних стандартів дозволить українській поліграфії не лише вистояти в часи війни, а й стати драйвером економічного відродження країни на принципах сталого розвитку та європейської інтеграції.

Питання для самостійного опрацювання

1. Які концептуальні відмінності існують між трьома типами екомаркування згідно з серією стандартів ISO 14020?
2. Які економічні показники продемонстрував український поліграфічний сектор у 2024 році щодо доходів та завантаження потужностей?
3. Яку роль відіграє стандарт ISO 14024 для поліграфічної галузі та які відомі програми екомаркування на ньому базуються?
4. У чому полягає суть лісової сертифікації FSC та PEFC, і чому вона є критично важливою для виробництва друкованої продукції?
5. Які специфічні вимоги висуває EU Ecolabel до хімічного складу фарб та процесу вторинної переробки паперу?
6. Які переваги надає українським виробникам наявність екологічного маркування «Зелений журавлик» під час державних закупівель?
7. Які основні фінансові та логістичні перешкоди заважають малим та середнім підприємствам в Україні активно впроваджувати міжнародну екосертифікацію?

Розділ 2

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИТРАТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Тема 2.1. Поліграфія і забруднення навколишнього середовища

Основні відходи поліграфічного виробництва.

Перш ніж починати розгляд небезпечних відходів поліграфічної промисловості, необхідно визначити основні поняття. Існує безліч визначень поняття «поліграфія», проте ми користуємося найбільш традиційним:

Поліграфія – галузь техніки, що дозволяє за допомогою технічних засобів виконувати тиражування текстових і графічних матеріалів. Також вживається термін «друк», «друкування».

Відповідно, **поліграфічна промисловість** – галузь народного господарства, зайнята виготовленням виробів з переважно текстовим або графічним змістом.

Відмінною особливістю поліграфії є позаомвне планування виробництва, коли для кожної роботи формується індивідуальний технологічний процес. Це пояснює складність класифікації й різноманітність виконуваних робіт і виробленої продукції. Характерною рисою поліграфічної промисловості в усьому світі є велика кількість малих організацій. З цієї причини неможливо пряме отримання об'єктивних даних про весь поліграфічний ринок. Найбільш об'єктивна інформація збирається за непрямими ознаками – обсяги вантажоперевезень друкованої продукції, виробництва та продажу паперу, картону та інших поліграфічних матеріалів.

З погляду впливу на навколишнє середовище, поліграфія, як галузь, найбільш тісно взаємодіє із засобами масової інформації, постійно піддається тиску з боку громадськості та активно розвивається в напрямку все більшої екологічної безпеки.

До числа екологічних проблем, що виникають у зв'язку з експлуатацією поліграфічних підприємств, відносяться, в першу чергу:

- ✓ Викиди в атмосферу.
- ✓ Скиди у стічні води.
- ✓ Небезпечні хімічні речовини.
- ✓ Тверді відходи виробництва.

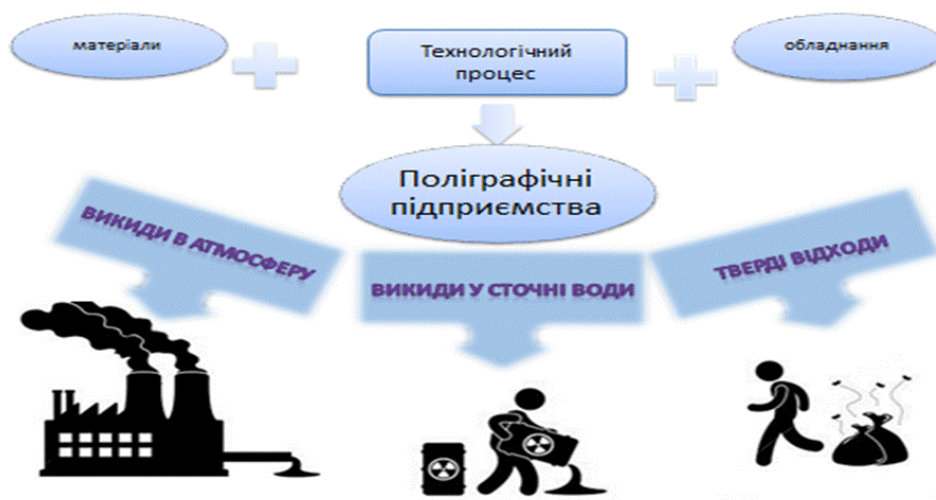


Рис. 2.1. Екологічні проблеми поліграфічного виробництва

Поліграфічна промисловість виготовляє різні види друкованої продукції (книги, газети, журнали, брошури). Попри деякі особливості виробництва, для більшості основних технологічних процесів характерні спільні ознаки. До основних технологічних процесів відносяться формні, друкарські та палітурні.

Формні процеси включають виготовлення друкарських форм, які обробляються залежно від видів друку (високий, глибокий, офсетний, спеціальний) різноманітними **розчинниками, що проявляють, вимивають та фіксують**.

Друкарські процеси характеризуються нанесенням фарби на папір, картон, скло та інші матеріали. Залежно від видів друку використовують **різні за хімічним складом фарби та розчинники**. Крім того, при обслуговуванні обладнання в міжопераційний період, фарбові валики змивають **органічними розчинниками**.

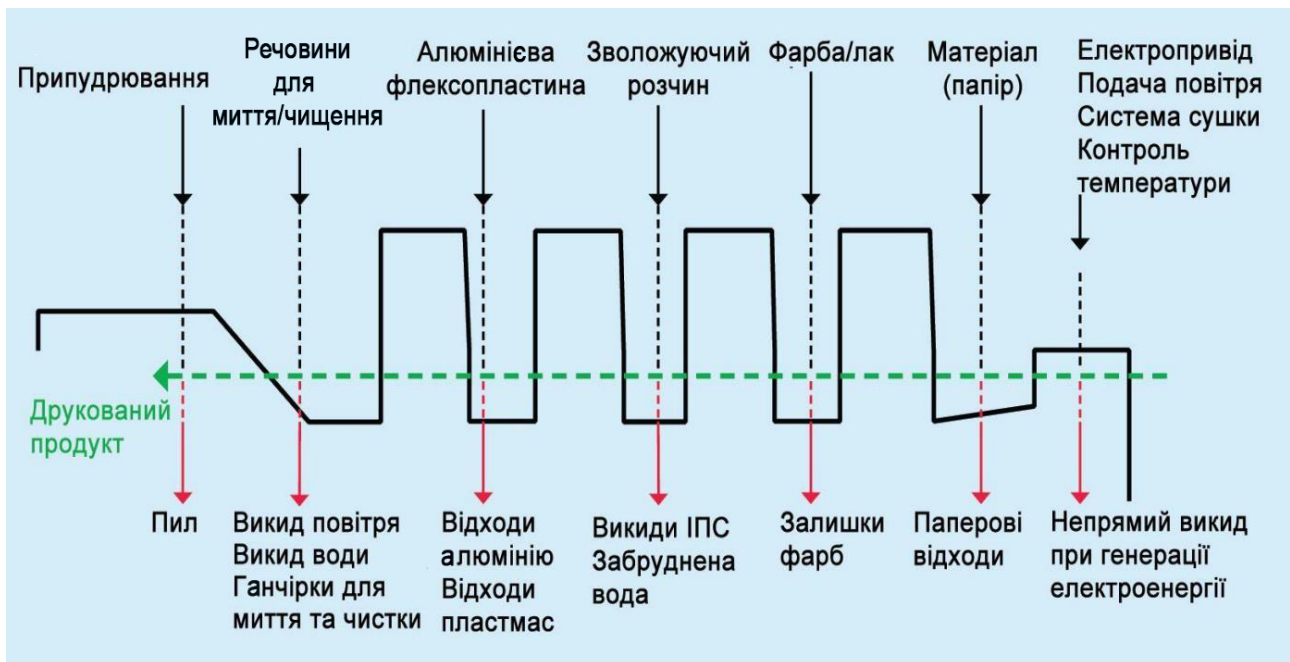


Рис. 2.2. Відходи під час друкуванні

Палітурні процеси виконуються для захисту книжкових блоків від пошкодження, а також для надання виробам привабливості. Вони характеризуються використанням різних **клеювих розчинів та оздоблювальних матеріалів**.

Кожен з перелічених етапів виробництва має не тільки майже всі види речовин, що забруднюють (починаючи з токсичних газів і закінчуючи твердими відходами) а також шкідливі виробничі фактори, які теж значною мірою забруднюють виробниче середовище.

Перелік шкідливих факторів поліграфічного виробництва включає:

- ❖ шкідливі хімічні сполуки;
- ❖ бактеріальне обмінення повітряного середовища;
- ❖ мікроклімат;
- ❖ шум і вібрацію;
- ❖ статичну електрику;
- ❖ лазерне та УФ-випромінювання.

Основним фактором – є **хімічний**. В поліграфічних процесах хімічні речовини поступають в повітря робочої зони у вигляді парів та аерозолів.

Формні процеси супроводжуються потраплянням в повітря робочої зони свинцю та його неорганічних сполук, кадмію та його неорганічних сполук, сурми та її неорганічних

сполук, стиролу, акрилонітрилу, фенолу, формальдегіду, вінілхлориду, дибутилфталату, гексаметилендіаміну, капролактаму, толуїлендіізоціанату, 4,4-дифенілметандіізоціанату, бутадієну, метилметакрилату, натрію гідроксиду, соляної кислоти, толуолу, аміаку. **У процесі друку** в повітря надходять вуглеводні аліфатичні насичені та ненасичені, вуглеводні ароматичні (бензол, толуол), ізопропіловий спирт, уайт-спірит, етиловий спирт, ізобутиловий спирт, етилацетат, бутилацетат, етилцелюлоза, метоксипропанол, етоксипропанол.

Для палітурних процесів характерно забруднення повітряного середовища паперовим пилом, вінілацетатом, формальдегідом, оцтовою кислотою, оцтовим альдегідом, стиролом, бутадієном, аміаком, бутилацетатом, фенолом, толуолом, ацетоном, епіхлорогідрином, етанолом, дибутилфталатом.

Для більшості хімічних речовин розроблено гранично допустимі концентрації в повітрі робочої зони виробничих приміщень і методи кількісного визначення в повітрі.

Хімічні речовини, що використовують у сучасній поліграфії.

Застосування	Хімічні речовини
Фарби та покриття на водній основі	Аміак, цинк Етилбензол, етиленгліколь, ефіри етиленгліколю, толуолдіазоціанати
Фарби та покриття на основі розчинників	Гексан, метилетилкетон (МЕК), метанол, пропіленоксид, ксилол, метилізобутилкетон (МІК), ізопропіловий спирт, етилацетат, етанол, пропілацетат, бутанол, 2-бутоксіетанол, ацетон
Пігменти	Барій, кадмій, хром, мідь, хромат свинцю, марганець, цинк
Розчинники друкарської фарби	Н-бутиловий спирт, ізофорон
Каталізатори та інгібітори висушування фарби	Марганець, метилхлороформ, 1,1,1-трихлоретан, ксилол
Компоненти очищувальних розчинників	Бензол, ізопропілбензол, циклогексан, етилбензол, гексан, метилхлороформ, 1,1,1-трихлоретан, метилетилкетон, метіленхлорид, нафталін, толуол, ксилол, 1,2,4-триметилбензол, ізопропіловий спирт
Компоненти змивних розчинів і добавки до очищує розчинників	Діетиленгліколь, етиленгліколь, ефіри етиленгліколю, ортофосфорна кислота
Компоненти розчину для міднення	Етиленгліколь, метіленхлорид
Клеї і липкі аерозолі	Циклогексан, гексан, метилхлороформ, 1,1,1-трихлоретан, вінілацетат, ізопропіловий спирт
Сикативи в фарбах і покриттях	Дібутилфталат
Проявники плівок	Діетаноламін, формальдегід, гідрохінон, фенол

Сучасна поліграфічна індустрія являє собою складну екосистему, де перетин високих технологій, хімічних процесів та матеріалознавства призводить до утворення специфічних потоків відходів.

З 9 липня 2023 року в Україні набув чинності Закон «Про управління відходами (№ 2320-IX), який започаткував масштабну реформу, наближаючи вітчизняне законодавство до норм ЄС. Основні нововведення включають впровадження ієрархії поводження з відходами (пріоритет рециклінгу над звалищами), розширену відповідальність виробника (РВВ), створення сучасної інфраструктури та багаторівневе планування.

Ключові положення та зміни:

Ієрархія відходів: Пріоритет надається запобіганню утворенню, підготовці до повторного використання, рециклінгу (переробки), відновленню, і лише в останню чергу – звалищам.

Розширена відповідальність виробника (РВВ): Виробники продукції зобов'язані забезпечувати повний цикл управління відходами, що утворилися внаслідок використання їхньої продукції.

Роздільне збирання: Відходи повинні збиратися роздільно (папір, пластик, скло, метал) і не змішуватися з іншими матеріалами.

Дозвільна система: Створено нову дозвільну систему, а електронна звітність подається через сервіси «ЕкоСистеми».

Принцип «забруднювач платить»: Власник відходів несе фінансову відповідальність за їхню обробку.

Закон спрямований на зменшення кількості сміттєзвалищ та розбудову сучасних об'єктів збирання та оброблення відходів.

Закон «Про управління відходами» повністю скасував стару систему класифікації. На зміну ДК 005-96 прийшов «Національний перелік відходів», розроблений на основі Європейського переліку відходів (List of Waste).

Тверді відходи поліграфічного виробництва не є монолітною категорією, вони охоплюють широкий спектр субстанцій – від інертних целюлозних матеріалів до складних хімічних конгломератів, що потребують спеціалізованого поводження. Розуміння природи цих відходів починається з їхньої класифікації за класами небезпеки, що в українському законодавчому полі базується на фізичних, хімічних та біологічних характеристиках маси або окремих інгредієнтів.

Відповідно до встановлених норм, відходи поділяються на чотири ключові класи. **Перший клас** охоплює надзвичайно небезпечні речовини, чий вплив на екосистему є незворотним. У контексті поліграфії до цього класу можуть належати специфічні прилади, що містять ртуть або рідкісні хімічні сполуки, що використовуються в лабораторних дослідженнях фарб.

Другий клас – високонебезпечні відходи, до яких відносять відпрацьовані фіксажі та проявники, що містять солі важких металів та токсичні сполуки.

Третій клас – помірнебезпечні, де знаходяться більшість друкарських фарб, чорнил та шламів.

Четвертий клас включає мало небезпечні матеріали, такі як макулатура, чистий картон, дерево та тирса, які мають низьку токсичність і здатні до розкладання в природному середовищі або можуть бути використані як вторинна сировина.

Клас небезпеки	Рівень загрози	Характерні приклади в поліграфії	Необхідні заходи
I	Надзвичайно високий	Ртутні лампи, специфічні лабораторні реактиви	Повне ізолювання, підлягає спец. перероблюванню
II	Високий	Відпрацьований фіксаж, проявник, сильні розчинники	Спеціалізована утилізація з вилученням металів
III	Помірний	Чорнила, друкарські фарби, забруднена тара	Термічна утилізація або регенерація
IV	Низький	Макулатура, картон, дерев'яні піддони	Рециклінг, компостування або продаж

Аналіз екологічного впливу свідчить, що за відсутності належного управління відходи поліграфії стають джерелом багатовекторного забруднення. На сміттєзвалищах під час розкладу утворюються парникові гази, що забруднюють атмосферу. Токсичні речовини з лакофарбових відходів проникають у ґрунт, а згодом – під впливом

опадів та вітру – потрапляють у підземні води та річки. Це створює кумулятивний ефект, де дрібне виробництво може мати значний регіональний вплив на стан навколишнього середовища.

З погляду екології поліграфічне виробництво у цілому характеризується більш сприятливими умовами для людини та навколишнього середовища, ніж велика кількість інших галузей промисловості (хімія, металургія, вугільна промисловість тощо). Однак, залежно від технічного забезпечення поліграфічних підприємств при виконанні ними різноманітних технологічних процесів, можуть відбуватися різноманітні забруднення навколишнього середовища небажаними або токсичними випарами та виділенням зважених часток, а також робочими розчинами та промивними водами, а також твердими відходами.

Питання для самостійного опрацювання

1. Яка головна особливість планування поліграфічного виробництва?
2. Назвіть чотири основні екологічні проблеми, що виникають під час експлуатації поліграфічних підприємств.
3. Які три групи процесів належать до основних технологічних етапів поліграфічного виробництва?
4. Опишіть хімічне забруднення під час друкарських процесів: які речовини потрапляють у повітря і чим зазвичай змивають фарбові валики?
5. Перелічіть шкідливі виробничі фактори (крім хімічних сполук), які забруднюють виробниче середовище друкарень.
6. У чому полягає різниця між технологічними, вентиляційними та твердими відходами поліграфічного підприємства?
7. Які основні принципи (пріоритети) встановлює «ієрархія управління відходами» згідно з новим законодавством України?
8. Поясніть зміст принципів «розширена відповідальність виробника» та «забруднювач платить» у контексті Закону «Про управління відходами».
9. Які вимоги висуваються до концентрації шкідливих речовин у повітрі та стічних водах поліграфічних підприємств?

Тема 2.2. Поліграфічні викиди в атмосферу та методи їх очищення



Сьогодні питання екологізації друку стоїть особливо гостро через глобальні вимоги до «сталого розвитку» та перехід на «зелені» технології. Поліграфія входить до переліку галузей, що активно використовують хімічні речовини, які при випаровуванні створюють серйозні ризики для атмосфери.

Викиди поліграфічних підприємств поділяються на технологічні й вентиляційні.

До **технологічних** викидів відносяться викиди з сушильних систем друкарських машин глибокого й флексографічного друку, систем лакування, агрегатів для припресовування плівки, викиди від систем і установок для сушіння палітурок і блоків. Технологічні викиди характеризуються високими концентраціями шкідливих речовин і підлягають обов'язковому очищенню.

До **вентиляційних** викидів відносяться викиди загальнообмінної й місцевої витяжної вентиляції. Викиди місцевої витяжної вентиляції по концентрації речовин, що забруднюють повітря близькі до технологічних викидів і підлягають очищенню. Викиди загальнообмінної вентиляції характеризуються великими обсягами повітря і низькими концентраціями речовин, що забруднюють його.

Викиди поліграфічних підприємств.

Викиди		
технологічні	вентиляційні	
Сушильні системи друкарських машин Лакувальних машин Припресування плівки Кришкоробних блокообробні Біндери	Загальнообмінна вентиляція	Місцева вентиляція
Характеризуються:		
Високими концентраціями шкідливих речовин	Великими об'ємами повітря та низькими концентраціями забруднюючих речовин	Наближені до технологічних
Потребують обов'язкового очищення	Потребують обов'язкового очищення	

До пріоритетних забруднювачів атмосфери поліграфічними підприємствами відносяться толуол, бензол та інші розчинники, а також паперовий, декстриновий і фарбовий пил.

За результатами порівнянь загальних викидів забрудників, структури викидів шкідливих речовин та загальних викидів пилу за головними галузями можна визначити, що викиди пилу складають біля 18–20 % від загальних викидів забруднювачів в атмосферне повітря. За галузями економіки понад половину викидів пилу в атмосферне повітря вносить паливно-енергетичний комплекс, а саме 58,72 %. Поліграфічна галузь у цьому рейтингу займає не останнє місце.

Перелік забруднювальних речовин, для яких проводиться визначення питомих викидів в першу чергу:

- | | |
|---|---|
| 1. Азоту оксиди | 34. Мідь та її сполуки |
| 2. Ангідрид сірчистий | 35. Марганець та його сполуки |
| 3. Аміак | 36. Озон |
| 4. Ангідрид фталевий (пари, аерозоль) | 37. Миш'як та його сполуки |
| 5. Алюмінію оксид | 38. етан |
| 6. Акролеїн | 39. Нафталін |
| 7. Акрилонітрил | 40. Нікель та його сполуки |
| 8. Анілін | 41. Пил азбесту |
| 9. Ацетальдегід | 42. марганцю |
| 10. Ацетон | 43. Олова оксид |
| 11. Бензопірен | 44. Ртуть та її сполуки |
| 12. Бензол | 45. Свинець та його сполуки |
| 13. Бутилацетат | 46. Стійкі органічні забруднювальні речовини (СОЗ) |
| 14. Бензин | 47. Сірководень |
| 15. Неметанові леткі органічні сполуки | 48. Сірковуглець |
| 16. Ванадію п'ятиокис | 49. Стирол |
| 17. Вініл хлористий | 50. Спирт н-бутиловий |
| 18. Водень хлористий (соляна кислота по молекулі HCL) | 51. Сажа |
| 19. Водень ціанистий (синильна кислота) | 52. Селену диоксид |
| 20. Вуглецю оксид | 53. Сольвент |
| 21. Вуглецю діоксид | 54. Спирт метиловий |
| 22. Вуглець чотирьоххлористий | 55. Сурма |
| 23. Епіхлоргідрин | 56. Титану оксид |
| 24. Етилбензол | 57. Толуол |
| 25. Етилену оксид | 58. Тверді речовини |
| 26. 1,3-Бутадієн (дивініл) | 59. Трикрезол (суміш ізомерів: орто-, мета-, пара-) |
| 27. Залізо та його сполуки | 60. Фенол |
| 28. Кадмій та його сполуки | 61. Формальдегід |
| 29. Кислота азотна | 62. Фтористі газоподібні сполуки |
| 30. Кислота сірчана | 63. Фурфурол |
| 31. Кислота оцтова | 64. Хлор |
| 32. Кобальт та його сполуки | 65. Хром шестивалентний |
| 33. Ксилол | 66. Цинк та його сполуки |

Методи очищення викидів від парів летючих органічних сполук (ЛОС).

Сьогодні питання очищення викидів від летючих органічних сполук (ЛОС) перейшло з розряду «бажаного» у площину «критично необхідного». Для типографій офсетного та флексографічного друку, де пари розчинників є невіддільною частиною техпроцесу, адсорбція залишається одним із найефективніших методів екологічного захисту. Розглянемо детальніше механіку цього процесу та вибір обладнання.

З метою зменшення забруднення атмосферного повітря пилом та іншими шкідливими домішками потрібно на всіх підприємствах організувати ефективне очищення відхідних газових викидів. Усі методи очищення можна розподілити на три групи: механічні, фізико-хімічні й хімічні.



Рис. 2.3. Методи очищення стічних вод

Вибір методу очищення залежить від кількості відхідних газів та їхнього складу.

Механічні методи застосовують для очищення вентиляційних та інших газових викидів від грубодисперсного пилу. В них пил відокремлюється під дією сили гравітації, інерції або відцентрової сили.

Вибираючи систему пиловловлювання, слід враховувати швидкість газового потоку, вміст пилу та його фізико-хімічні властивості, розмір часточок і наявність водяної пари. Існує два види пиловловлювання: сухе і мокре. З екологічного й економічного погляду досконалішими є сухі пиловловлювачі. Вони дають змогу повернути у виробництво вловлений пил, тоді як при мокрому утворюються водяні суспензії, переробка яких потребує більших матеріальних затрат. Недоліком сухого пилоочищення є те, що воно забезпечує високий ступінь очищення тільки у разі малої запиленості відхідних газів.

Механічне сухе пиловловлювання здійснюють в осаджувальних камерах, циклонних сепараторах, механічних та електричних фільтрах. В осаджувальних камерах очищують гази з грубодисперсними часточками пилу розміром від 50 до 500 мкм і більше.

Для тонкого очищення газів від пилу використовують електрофільтри. Крім пилу вони можуть також очищати гази від аеро- та гідрозолів, тобто вловлювати більш дисперговані часточки. Електрофільтр складається з коронувального (негативного) і осаджувального (позитивного) електродів. Останній виготовляють у вигляді трубки або пластини. Електрофільтр живиться постійним струмом високої напруги (50–100 кВ). При напруженості електричного поля між електродами 15 кВ/см повітря йонізується і створює позитивні та негативні заряди. Заряджені частинки осідають на часточки пилу, внаслідок чого вони рухаються до протилежно заряджених електродів і осідають на них. У сухих електрофільтрах для очищення поверхні електродів від пилу використовують струшувальні пристрої 5 ударно-молоткового типу. За допомогою електрофільтрів очищують значні об'єми газів

від пилу з розміром часточок 0,01–100 мкм за температури газів до 500 °С. Фільтри ефективно працюють при невеликих газових потоках, досягаючи ступеня очищення 99,9 %.

Для підвищення ефективності роботи електроди інколи змочують водою. Такі електрофільтри називають мокрими. У мокрих пиловловлювачах запилений газ зрошується рідиною або контактує з нею. Найпростішою конструкцією є промивна башта, заповнена скловолокном або іншими матеріалами. До апаратів такого типу належать скрубери.

Ефективність очищення газів залежить від змочуваності пилу і досягає 96–98 %. Для вловлювання важкозмочуваного пилу, наприклад вугільного, у воду додають поверхнево-активну речовину (ПАР). Скрубери можна застосовувати для холодних і гарячих газів, які не містять токсичних речовин (кислот, хлору тощо), оскільки вони видаляються в атмосферу разом з очищеним газом у вигляді туману.

Недоліком мокрого очищення газів є те, що вловлений пил перетворюється на мокрий шлам. Для видалення останнього потрібно будувати шламову каналізацію, що здорожує конструкцію. Мокрі пиловловлювачі характеризуються значними витратами електроенергії для подавання й розбризкування води, особливо для уловлювання пилу з розміром часточок менш як 5 мкм. Під час очищення деяких газів можлива лужна або кислотна корозія. Значно погіршуються умови розсіювання через заводські труби відхідних газів, зволжених під час охолодження в апаратах цього типу.

В апаратах інерційного пиловловлювання різко змінюється напрямок потоку. Часточки пилу за інерцією вдаряються об поверхню, осаджуються і через розвантажувальний пристрій видаляються з апарата. У середині апаратів розміщені пластини або кільця, об які вдаряється газ. Зверху апарати можуть зрошуватися водою. Тоді пил з них видаляється у вигляді шламу.

Хімічні методи очищення викидних газів засновані на хімічному зв'язуванні шкідливих забруднювальних речовин. Дуже поширеним методом є хемосорбція, коли очищуваний газ промивають розчином речовин, що реагують із забруднювальними домішками. Так, для вловлювання оксидів нітрогену застосовують торфолужні композиції з гідроксидом кальцію або аміаком. У результаті хемосорбції утворюється добриво з 6–8 %-м вмістом зв'язаного азоту у вигляді нітратів кальцію і амонію.

Хімічна абсорбція та адсорбція або хемосорбція основана на фізико-хімічній взаємодії компонентів очищувального газу та поглинача.

Термічна нейтралізація шкідливих газів – це пряме спалювання шкідливих речовин в полум'ї та термічне окиснення. Пряме спалювання у полум'ї та термічне окиснення проводять при температурах 600–800°C. Вибір способу термічної нейтралізації визначається хімічним складом забруднених речовин, їх концентрацією, початковою температурою газових викидів, об'ємною витратою та гранично допустимими нормами викиду цих речовин. Пряме спалювання слід використовувати тільки в тих випадках, коли відвідні гази забезпечують підвід значної частини енергії, необхідної для здійснення процесу, тобто мають високу температуру. Однак висока температура може спричинити утворення шкідливих оксидів азоту. Спалювання використовують для знешкодження горючих вуглеводнів, що не використовуються у виробництві. З економічного погляду це малоефективний процес, оскільки теплота не використовується і тільки призводить до теплового забруднення навколишнього середовища. Якщо концентрація горючих речовин недостатня для горіння, то застосовують термічне окиснення. При цьому очищуваний газ спалюють у полум'ї пальника.

Термічне окиснення застосовують тоді, коли температура викидних газів низька, або вони не містять достатньої кількості кисню, потрібної для підтримання полум'я.

Каталітичне відновлення оксидів нітрогену до N₂ здійснюють за допомогою відновників – водню, метану або аміаку за наявності платино-паладієво-родієвих каталізаторів.

Порівняльний аналіз основних методів очищення викидів від летючих органічних сполук (ЛОС).

Розглянемо чотири основні методи для очищення викидів від летючих органічних сполук (ЛОС), які є головною проблемою поліграфічних підприємств:

1. Метод адсорбції.

Це найпоширеніший метод для невеликих друкарень. Повітря з парами розчинників проходить через місткість з активованим вугіллям.

Плюси: Відносно дешево на старті; висока ефективність (до 95–98 %).

Мінуси: Потрібна регулярна заміна або регенерація вугілля. Якщо ми оберемо систему з десорбцією, ми зможемо збирати розчинник назад і використовувати його повторно (рекуперація).

Як це працює: Принцип роботи адсорбційних установок базується на здатності дрібнопористих тіл уловлювати та утримувати молекули розчинника. Хоча ринок пропонує широкий спектр адсорбентів – від силікагелів та алюмогелів до цеолітів і пористого скла – фаворитом для поліграфічної галузі залишається активоване вугілля.

Головна перевага вугілля – його гідрофобність. У реальних умовах цеху повітряні потоки завжди мають певну вологість. Якщо відносна вологість не перевищує 50 %, активоване вугілля практично не реагує на молекули води, фокусуючи всю свою «поглинальну потужність» виключно на летючих органічних сполуках. Це робить його ідеальним фільтром, який не втрачає ефективності у вологому середовищі.

У промисловій практиці поглинання парів може відбуватися в різних режимах: у киплячих, щільних рухомих або стаціонарних шарах. Проте саме **рекупераційні установки** зі стаціонарним (нерухомим) шаром адсорбенту здобули найбільшу популярність у друкарнях. *Рекуперація* (англ. *recuperation, recovery, regenation*; нім. *erholung*) – повернення частини матеріалів або енергії для повторного використання у тому ж технологічному процесі.

Вибір типу адсорбера залежить насамперед від масштабів виробництва:

Вертикальні адсорбери: Оптимальне рішення для локальних ділянок з невеликими обсягами пароповітряних сумішей. Вони компактні та легкі в обслуговуванні.

Горизонтальні та кільцеві апарати: Справжні «важковаговики» галузі. Їх використовують для обробки колосальних об'ємів повітря – від десятків до сотень тисяч кубометрів на годину. Саме такі системи здатні забезпечити чистоту викидів на великих флексографічних комбінатах.

Правильний вибір геометрії адсорбера та типу сорбенту – це не просто виконання екологічних норм, а й шлях до ресурсоефективного виробництва, де кожен грам розчинника працює на результат, а не забруднює атмосферу.

2. Метод термічного окиснення.

Термічне окиснення – це найбільш радикальний і водночас найефективніший метод боротьби із забрудненням повітря в поліграфії. Якщо адсорбція просто «збирає» бруд, то термічне окиснення його повністю знищує. Це «золотий стандарт» для великих флексографічних виробництв.

Як це працює: Забруднене повітря нагрівається до температури 750–1000 °С. При такій температурі ЛОС просто згорають, перетворюючись на воду (H₂O) та вуглекислий газ (CO₂).

На виході ми отримуємо лише вуглекислий газ, водяну пару та велику кількість теплової енергії.

Типи установок.

1. Пряме термічне окиснення (ТО). Найпростіша конструкція: камера згоряння з паливом. Повітря просто подається у вогонь.

Мінус цієї системи – величезні витрати палива (газу), оскільки потрібно нагрівати весь об'єм повітря з нуля. У сучасних друкарнях майже не використовується через нерентабельність.

2. Рекуперативне окиснення. Установка має теплообмінник (металевий). Гарячі гази, що виходять з камери згоряння, нагрівають вхідний потік брудного повітря. Це дозволяє повернути до 60–70 % тепла, значно економлячи газ.

3. Регенеративне термічне окиснення (РТО) – це найсучасніший метод для типографій.

Замість металевих теплообмінників використовуються керамічні блоки (регенератори).

Брудне повітря проходить через розпечену кераміку, миттєво нагріваючись. У камері згоряння відбувається остаточне окиснення. Очищене гаряче повітря проходить через другий (холодний) шар кераміки, віддаючи йому своє тепло, і виходить назовні вже охолодженим. Потім потоки міняються місцями (цикл перемикання клапанів). При високій концентрації парів розчинника (понад 2–3 г/м³) система переходить у режим автотермічності – вона підтримує горіння сама, без споживання природного газу.

Плюси:

- Ефективність 99 %: Знищує навіть найскладніші сполуки, які не вловлює вугілля.
- Відсутність вторинних відходів: Немає потреби утилізувати використане вугілля чи брудні фільтри.
- Утилізація тепла: Надлишкове тепло можна використовувати для сушильних камер флексомашини або опалення цеху взимку.

Мінуси:

- Висока вартість: Капітальні інвестиції в РТО можуть сягати сотень тисяч євро.
- Габарити: Це масивна установка, яка зазвичай монтується на даху або поруч із будівлею.
- Пожежна безпека: Робота з відкритим вогнем та високими температурами вимагає ідеальної системи автоматизації та контролю вибухонебезпечних концентрацій.

3. Метод каталітичного окиснення.

Схоже на термічне, але працює за нижчих температур (250–400 °С).

Плюси: Вимагає значно менше газу для нагріву, ніж термічні установки.

Мінуси: Каталізатори дуже дорогі та чутливі до «отруєння» (наприклад, якщо у фарбах є силікон або сірка, каталізатор швидко вийде з ладу).

Як це працює: Використовується каталізатор (зазвичай на основі платини або паладію), який прискорює реакцію окиснення.

4. Скрубери.

Розглянемо скрубери (абсорбційні установки) як «вологу» альтернативу вугільним фільтрам. Якщо адсорбція (вугілля) – це прилипання молекул до поверхні, то абсорбція (скрубер) – це повне розчинення газу в рідині. Це метод «промивання» повітря.

Як це працює: Основна ідея полягає у переході шкідливих парів з повітряної фази у рідку. Забруднене повітря з цеху подається в колону, де воно вступає в інтенсивний контакт з абсорбентом (найчастіше це вода або спеціальний хімічний розчин).

Забруднене повітря пропускається через потік рідини (води або спеціального сорбенту), яка розчиняє в собі пари. Ефективність скрубера на 90 % залежить від того, наскільки добре ваш розчинник розчиняється у вибраній рідині:

- **Вода:** Ідеально для ізопропілового спирту (офсет) та водорозчинних фарб (флексо). Вона дешева, але після очищення ми отримуємо проблему забруднених стічних вод.

- **Висококиплячі оливи:** Використовуються для вловлювання неполярних сполук, які погано розчиняються у воді.

- **Хімічні реагенти:** Додаються у воду для нейтралізації специфічних запахів або агресивних речовин.

Найкраще працює у флексографії, де використовуються водорозчинні фарби або спирти, які добре змішуються з водою.

Плюси: На відміну від вугільних фільтрів, які можуть перегріватися при контакті з певними розчинниками, скруббер – це «мокра» система, де загоряння неможливе. Повітря з сушильних камер флексомашини виходить гарячим; скруббер одночасно очищує та охолоджує його. Займають менше місця, ніж величезні вугільні установки при великих об'ємах повітря.

Мінуси: Проблема «другого забруднення»: Ви очистили повітря, але тепер маєте тонни брудної води. Вам потрібна система локального очищення стоків. Постійна волога вимагає використання нержавіючої сталі або спеціальних пластиків у конструкції, що здорожує установку.

Порівняльна таблиця методів очищення викидів від летючих органічних сполук (ЛОС).

Метод	Ефективність	Капітальні витрати	Операційні витрати	Найкраще підходить для:
Адсорбція	висока	низькі / середні	високі (заміна вугілля)	малих друкарень
RTO (Допалювання)	максимальна	дуже високі	низькі (при великих обсягах)	великих флексографічних виробництв
Каталітичний	висока	високі	середні	стабільних процесів без «отрут»
Скрубери	середня	середні	середні	водорозчинних фарб

Майбутнє – за комбінованими методами.

Попри високу ефективність адсорбції, сучасні екологічні стандарти стають дедалі жорсткішими. Щоб досягти «стерильної» чистоти викидів, інженери все частіше вдаються до комбінованих методів.

Поєднання адсорбції з подальшим конденсаційним розділенням або термічним окисненням дозволяє не лише очистити повітря, а й повернути дорогі розчинники назад у виробничий цикл (рекуперація). Це перетворює екологічні витрати на інвестицію, що окупається.

Питання для самостійного опрацювання

1. На які два основні типи поділяються викиди поліграфічних підприємств і які з них підлягають обов'язковому очищенню?

2. Які технологічні процеси в поліграфії є основними джерелами шкідливих викидів в атмосферу?

3. Які речовини та сполуки належать до пріоритетних забруднювачів атмосфери у поліграфічній галузі?

4. У чому полягає головна перевага використання активованого вугілля як адсорбенту в умовах реального друкарського цеху?
5. Яка конструкція адсорбера є найбільш ефективною для обробки колосальних об'ємів повітря (сотні тисяч кубометрів на годину)?
6. Які хімічні процеси відбуваються під час термічного окиснення летючих органічних сполук (ЛОС) і що утворюється на виході?
7. Що таке режим «автотермічності» в установках РТО і за яких умов він стає можливим?
8. У чому полягає основний недолік методу каталітичного окиснення порівняно з термічним?
9. Які переваги та ризики (проблема «другого забруднення») характерні для використання скрубєрів?
10. Чому комбіновані методи очищення вважаються найбільш перспективними з економічного погляду?

Тема 2.3. Стічні води поліграфічного виробництва та методи їх очищення

Основні джерела та склад стічних вод.

Стічні води друкарень – це складний «коктейль», склад якого залежить від технологічних процесів, які виконуються під час створення того чи іншого поліграфічного виробу.

Офсетний друк – основне забруднення йде з дільниць виготовлення форм (проявники та фіксажі, що містять луги та солі важких металів) та після промивання валів (залишки фарб і розчинників).

Флексографія та глибокий друк – найбільш небезпечними є змивні води після чищення анілоксових валів та форм, особливо якщо використовуються фарби на основі розчинників.

Палітурно-брошурувальні процеси – стоки містять залишки синтетичних та тваринних клеїв.

Головні забруднювачі це важкі метали (мідь, хром, нікель), поверхнево-активні речовини (ПАР), спирти, нафтопродукти та завислі частки пігментів.

Характеристика стічних вод.

Під водовідведенням на промислових підприємствах розуміють видалення й очищення стічних вод, що утворюються на території підприємства. Виробничі стоки утворюються в результаті технологічних процесів переробки сировини й випуску певної продукції, а також при експлуатації різного устаткування, систем, установок, апаратів.

Залежно від характеристики стічні води поділяють на три види: *промислові, господарсько-побутові, зливові*.

Майже на кожному великому сучасному підприємстві **промислові стічні води** поділяють на ряд категорій залежно від особливостей технологічних процесів виробництва, складу, умов відведення, очищення і подальшого їх використання. У найбільш загальному вигляді виробничі стічні води характеризуються такими категоріями.

За ступенем забрудненості:

- забруднені;
- малозабруднених (умовно чисті).

За характером забруднення:

- містять механічні домішки;
- містять хімічні домішки;
- містять органічні речовини змішані.

За типом основного забруднювача:

- містять іони важких металів;
- містять нафту;
- хромові;
- віскозні;
- фенольні;
- пофарбовані.

За активним середовищем –рН:

- нейтральні з рН 6,5–8,5;
- кислі з рН <6,5;
- лужні з рН > 8,5.

Кислі та лужні стоки поділяють на слабо- і сильнокислі, або слабо- і сильно лужні.

За агресивністю:

- агресивні (кислі, лужні, ціаністі, що містять фтор та ін.);
- неагресивні.

Стосовно біохімічного окиснення:

- стічні води, які піддаються біологічному очищенню;
- стічні води, що не піддаються біологічному очищенню.

Крім того, на багатьох промислових підприємствах виділяють стічні води, що знаходяться в обороті (наприклад, від систем охолодження) і локальні стоки, тобто стічні води від окремих установок або технологічних процесів, що містять в концентрованому вигляді будь-який один забруднювальний компонент.

Господарсько-побутові стічні води відводяться з санітарно-технічних вузлів виробничих цехів і адміністративних будівель, від душових, харчових блоків.

Зливові стічні води утворюються в результаті випадання дощів і танення снігу. У більшості випадків зливові стічні води відносять до слабо забруднених і скидають у водойму або міську зливову каналізацію без очищення. Однак на промислових підприємствах, де відсутні заходи проти забруднення території сировиною, відходами виробництва, продуктами вентиляційних викидів та ін., зливові води в окремі періоди за складом наближаються до забруднених промислових стічних вод і навіть перевершують їх по шкідливості. Скидати такі води в водойму без очищення неприпустимо.

Кількість і характеристика стічних вод, що утворюються на промислових підприємствах, визначаються:

- типом промислового підприємства;
- технологічним процесом виробництва;
- типом і якістю сировини;
- якістю води для технологічних потреб;
- наявністю систем зворотного водопостачання.

Завжди враховується такий важливий фактор, як культура виробництва, зокрема ресурсозаощадження та раціональне споживання води, сировини, проміжних продуктів, відходів виробництва.

Кількість і характеристики стічних вод, в першу чергу, визначають вид продукції, що виробляється. Досить порівняти, наприклад, стічні води підприємств нафтопереробного підприємства, металургійної та легкої промисловості, щоб оцінити значення цього чинника. До того ж за характеристикою стічних вод можна визначити вид промислового підприємства, на якому вони утворюються.

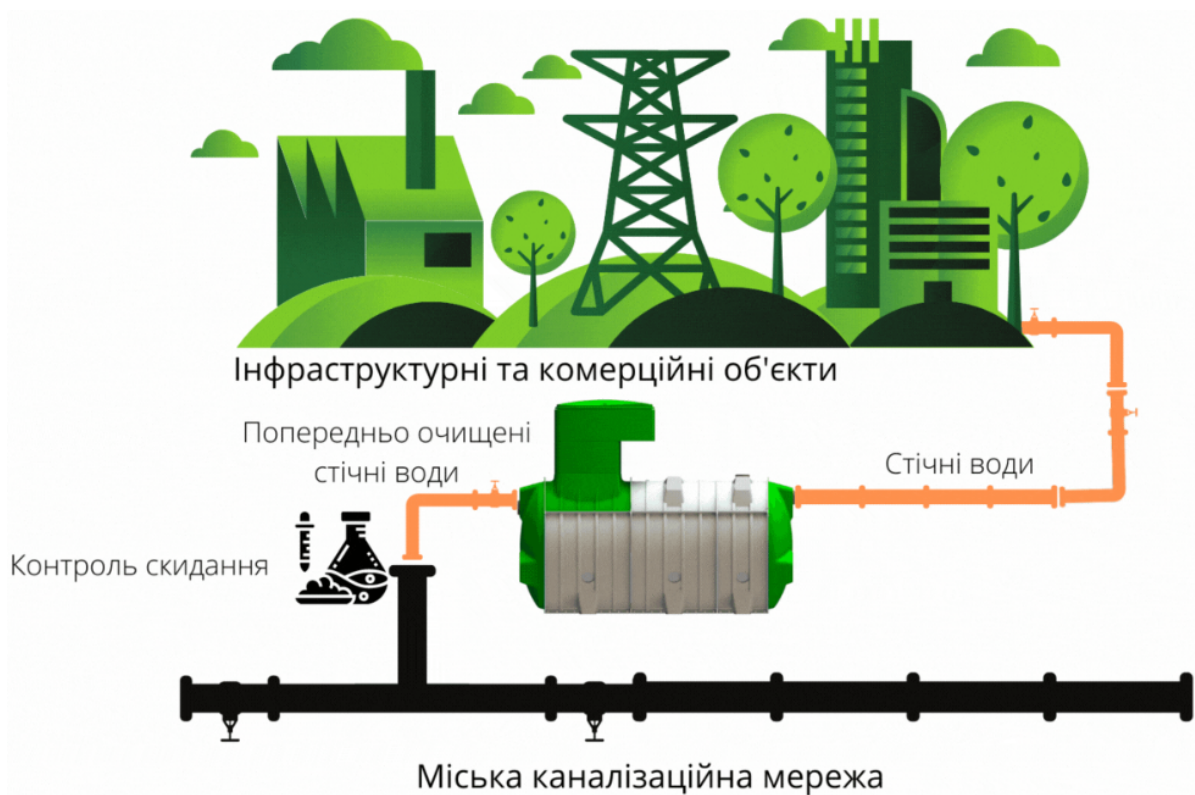
При виробництві продукції одного типу можуть застосовуватися різні технології, що впливає на кількість і склад стічних вод. Наприклад, у виробництві друкованих плат міднення здійснюється в слабокислих електролітах, а травлення друкованих плат в мідно-аміачному травильному розчині, відповідно і склад стічних вод при цьому дуже різний.

Вода, яка використовується у виробничій технології, також буває різна за якістю. В одних випадках використовують звичайну річкову воду без очищення, в інших питну воду або пом'якшену, іноді потрібно глибоке очищення води від заліза або марганцю або деіонізована вода. Все це впливає на склад і методи очищення стічних вод.

Запобігання забрудненню виробничих стічних вод.

Запобігання забрудненню виробничих стічних вод на промислових підприємствах може бути забезпечене **організаційними та технічними заходами**. Організаційні заходи зводяться до попередження спуску стічних вод у водоймища без очищення. Технічні заходи передбачають очищення стічних вод різними способами, їхнє повторне використання для технічних потреб і поливання, створення оборотних і замкнених систем водокористування, вдосконалення технологічних процесів на промислових підприємствах з метою зменшення кількості забруднень у стічних водах, перехід на безвідходні та маловідходні

технології, скорочення забруднення територій паливно-мастильними та лакофарбовими матеріалами, мінеральними та органічними добривами, тирсою та іншими виробничими відходами, які зі зливними стоками можуть потрапляти у водоймища.



Технологія очищення стічних вод.

Очищення стічних вод проводиться з метою усунення шкідливих і небезпечних властивостей, які можуть привести до згубних наслідків у навколишньому середовищі. Застосування різних технологій очищення направлено на нейтралізацію, знешкодження або утилізацію цінних компонентів. Таким чином, вибір технології очищення та обладнання залежить в першу чергу від властивостей стічних вод і їх відхилень від властивостей природних вод. Іншими словами, вибір методу очищення стоків залежить від шкідливих факторів, якими володіє стічна вода.

Тип забруднювальних речовин	Група забруднень	Методи очищення стічних вод
Грубодисперсні зважені речовини	Зважені речовини з розміром частинок понад 0,5 мм	Просіювання Первинне відстоювання без реагентів фільтрація
Грубодисперсні емульговані частки	Краплинні забруднення, органічні речовини, що не змішуються з водою	Гравітаційна сепарація фільтрація флотація електрофлотація
Мікрочастинки	Зважені речовини з розміром частинок понад 0,01 мм	Фільтрація коагуляція флокуляція напірна флотація
Стабільні емульсії	Нафтопродукти в кількості > 5 мг/л, речовини, що екстрагуються сірчанним ефіром	Тонкошарова седиментація напірна флотація електрофлотація

Колоїдні частинки	Розмір частинок від 0,1 до 10 мкм	Мікрофільтрація електрофлотація
Агресивні середовища	загальна лужність, загальна кислотність	Нейтралізація
Олії	Концентрація понад 10 масел мг / л	Гравітаційна сепарація флотація електрофлотація
Феноли	Концентрація фенолів 0,5 – 5 мг / л	Біологічне очищення + озонування Сорбція на активованому вугіллі
	Концентрація фенолів 5 – 500 мг / л	Біологічне очищення Флотація + Біологічне очищення Коагуляція + озонування
Високий вміст органічних домішок	-	Біологічна очистка Хімічне окислення (озон) Сорбція на активованому вугіллі
Іони важких металів	Концентрації Cu ²⁺ , Zn ²⁺ , Ni ²⁺ , Feобщ, Cd ²⁺ + 5 – 100 мг / л	електрофлотації Реагентний + відстоювання електродіаліз електрокоагуляція
Ціаніди	Концентрація CN-1 – 10 мг / л	Хімічне окислення електрофлотація електрохімічне окислення
Хром (VI)	Концентрація Cr ⁶⁺ + 1 – 100 мг / л	Хімічне відновлення + електрофлотації електрохімічне відновлення електрокоагуляція
Хром (III)	Концентрація Cr ³⁺ + 5 – 100 мг / л	електрофлотації Осадження + Фільтрація
	Концентрація Cr ³⁺ + 0,5 – 5 мг / л	Іонний обмін ультрафільтрація
Сульфати	Концентрація SO ₄ ²⁻ – > 2000мг / л	Реагентний + відстоювання + Фільтрація вакуумне випарювання
	Концентрація SO ₄ ²⁻ – <2000мг / л	Нанofільтрація зворотний осмос
Хлориди	Концентрація Cl – > 300 мг / л	Зворотний осмос вакуумне випарювання електродіаліз
Загальний солевміст	-	Нанofільтрація зворотний осмос вакуумне випарювання електродіаліз
Поверхнево-активні речовини	Аніонні і неіоногенні ПАВ	Флотація електрофлотація Сорбція на активованому вугіллі
	Аніонні, катіонні і неіоногенні ПАВ	Нанofільтрація озонування

Як видно з таблиці кожному типу стічних вод відповідає метод або група методів, придатних для їх очищення. Водночас багато методів очищення стічних вод дозволяють видаляти більше одного типу забруднень, що і застосовується при проектуванні очисних споруд для підприємства.

Основні способи очищення стічних вод.

Очищення виробничих стічних вод на промислових підприємствах може здійснюватися за такими напрямками:

- очищення стічних вод на заводських очисних спорудах;
- очищення стічних вод після забруднення на заводських, а потім на міських очисних спорудах з подальшим спуском у водоймища;

– безперервне очищення виробничих стічних вод і розчинів на локальних очисних спорудах протягом визначеного часу, після чого вони потрапляють в обіг, і лише після з'ясування неможливості регенерації усереднюються і передаються на заводські очисні споруди та утилізуються. Після очищення самої води залишається осад, який потім обробляється і може бути використаний як мінеральне добриво.

Основні способи очищення виробничих стічних вод поділяються на: механічні, фізичні, фізико-механічні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні та комплексні.

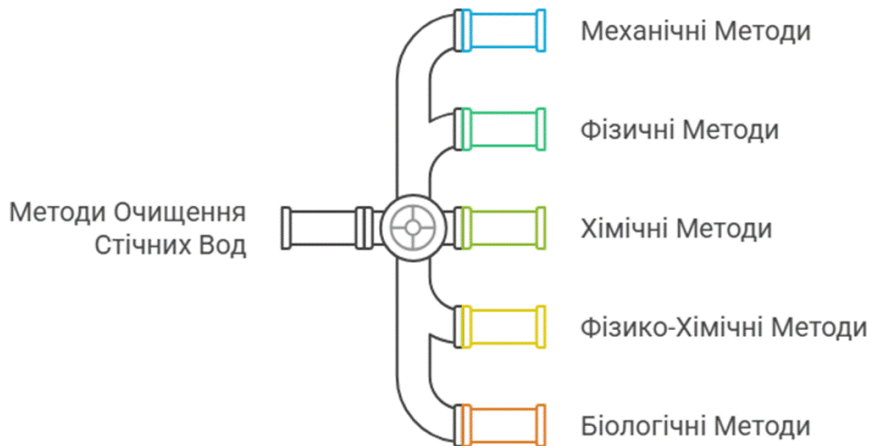


Рис. 2.4. Класифікація способів очищення стічних вод

Вибір схеми очищення води від таких речовин залежить від виду, кількості забруднень і необхідного ступеня очищення.

Механічні способи переважно застосовують для очищення стічних вод від твердих частинок і масляних забруднень.

Фізичні способи очищення становлять основу термічного очищення, яке застосовується для знешкодження мінералізованих стічних вод.

Хімічні способи застосовують самостійно перед подаванням стічних вод у систему оборотного водопостачання, перед спусканням їх у водоймища або міську каналізаційну мережу. В деяких випадках хімічне очищення доцільно проводити перед біологічним очищенням.

Фізико-механічні й фізико-хімічні способи широко застосовуються для очищення стічних вод на машинобудівних, деревообробних, целюлозно-паперових підприємствах, де спостерігається велика кількість забруднювачів.

Біологічне очищення – це досить поширений спосіб очищення стічних вод від багатьох органічних і деяких неорганічних речовин, що викидаються підприємствами харчової, целюлозно-паперової, меблевої промисловостей.

Механічне очищення.

Механічне очищення – це такий спосіб обробки води, який дозволяє виділити велику кількість грубодисперсних домішок. Механічними методами очищення стічних вод є:

- ❖ Проціджування.
- ❖ Відстоювання.
- ❖ Фільтрування.

Спочатку для того, щоб затримати особливо великі фракції сміття, встановлюють спеціальні ґрати й сита. Далі слід процес відстоювання, необхідний для того, щоб диференціювати різні за щільністю зважені частинки. Так, речовини, щільність яких більша ніж щільність води, осядуть на дні, а легші частинки спливають на поверхню.

Різні види масел, жирів, нафти й смоляних речовин залишаються на поверхні та збираються.

Ну і нарешті, останнім йде процес фільтрування; він застосовується, якщо необхідно звільнити стічні води від самих дрібних частинок, які знаходяться в підвішеному стані.

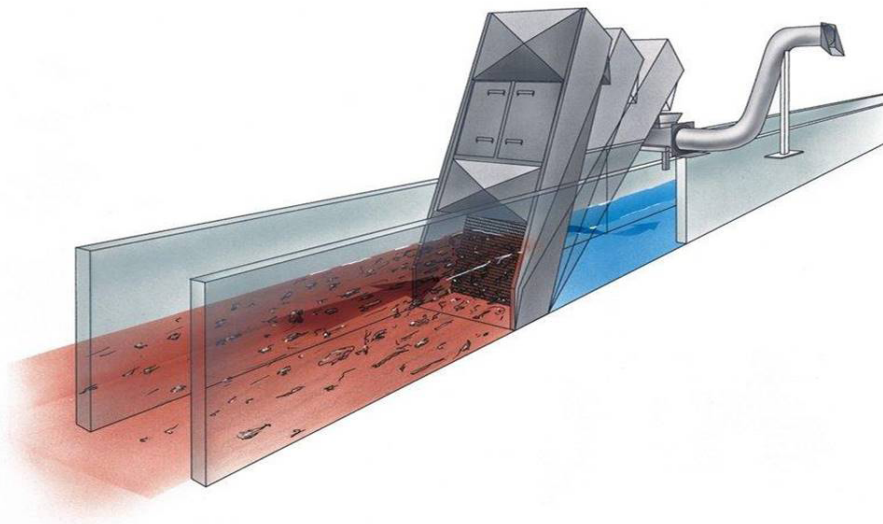


Рис. 2.5. Основні елементи споруд для механічного очищення стічних вод від забруднень: решітки; пісколовки; відстійники

Проціджування.

Для проціджування, як говорилося вище, використовуються ґрати. Після того як вода пройшла через ґрати, вона потрапляє в спеціально призначені для цього пісковловлювачі.

Пісковловлювачі, головним чином, призначені для виділення із загальної водної маси, важких мінеральних домішок. Пісок, що осів в пісковловлювачах, за допомогою скребоків рухається до спеціального резервуара, з якого видаляється за допомогою гідроелеваторів або насосів для піску. Як правило, розмір піску, що затримується пісколовками, становить приблизно 0,2–0,25 мм; такий розмір фракцій складає близько 65 % від всієї маси піску, що знаходиться у воді. Пісковловлювачі встановлюються в тих місцях, де вода проходить з певною швидкістю. Так, для побутових вод, ця швидкість дорівнює 0,3 м/с; при цій швидкості, вода знаходиться в пісковловлювачі 30–60 секунд. Осад, що осів видаляють переважно, за допомогою норій, гідроелеваторів, ковшів, – при цьому, обов'язково проводиться вимір піщаної маси, вивантажений з пісковловлювачів.

Відстоювання.

Наступним процесом після проціджування, є відстоювання. Відстоювання, саме по собі, є процесом одночасно і простим і в той же самий час, дієвим; цей процес дозволяє виділити грубі фракції з води, а відбувається це під впливом гравітаційних сил, які змушують важчі частинки опускатися на дно резервуарів. Що стосується легших частинок, то вони залишаються на поверхні.

Крім відстійників, для цілей відстоювання води застосовуються і так звані освітлювачі – споруди, в яких крім відстоювання, вода також позбавляється від чужорідних речовин. Цей процес подібний до процесу фільтрації. Після відстоювання, приходить момент, коли необхідно фільтрувати воду.

Фільтрація.

Процес фільтрації є найскладнішим, і знаходиться він на межі механічних і біологічних методів очищення, тобто, відноситься, і до тих, і до інших. Найбільш часто зустрічається фільтрація через ґрунтовий покрив, – сутність цього методу полягає в тому, що у верхньому

шарі ґрунту залишаються колоїдні елементи й речовини. Ці речовини залишають на ґрунтовому шарі тонку плівку, що складається з мікроорганізмів, а ця плівка, своєю чергою, адсорбує розчинені в стічних водах речовини, які потім утворюють ці речовини в різні мінеральні сполуки.

Фізичне очищення стічних вод.

До фізичних способів очищення стічних вод належать насамперед випарювання, виморожування та ін. При цьому вирішальним фактором є температура. Тому такі способи очищення в інженерній практиці часто називають термічними. Ці способи застосовують для очищення мінералізованих стічних вод, виділення з них солей та отримання умовно чистої води для кільцевого водопостачання.

Процес розділення мінеральних речовин і води відбувається у два етапи: **концентрування і виділення сухих речовин**. Очищену воду з мінералізованих стічних вод отримують у випарювальних, виморожувальних (вакуумних) і кристалогідратних установках. Вибір способу очищення залежить від складу, концентрації, об'єму стічних вод, їхньої корозійної активності й необхідного ступеня очищення.

Для випарювання стічних вод, що виділяються при виробництві синтетичних смол, лаків, фарб, реактивів та ін., широко застосовують випарювальні установки з контактними апаратами. У них відбувається безпосередній контакт між теплоносіями і стічною водою. Для нагрівання води використовують газоподібні, рідкі та тверді теплоносії.

В установках виморожування процес концентрування мінералізованих вод ґрунтується на тому, що концентрація солей у кристалах льоду значно менша, ніж у розчині (теоретично утворюється прісний лід). Виморожування може здійснюватись у вакуумі або за допомогою спеціального холодильного агента.

Для очищення стічних вод часто застосовують кристалогідратні установки. **Кристалогідратний процес** полягає в концентруванні стічної води з гідроутворювальним агентом (пропаном, хлором, фреоном, вуглекислим газом та ін.) та утворенні кристалогідратів. При переході молекул води в кристалогідрати концентрація розчинених речовин у воді підвищується. При таненні кристалів утворюється вода, з якої виділяється пара гідроутворювального агента. Процес гідроутворення може протікати при температурі, нижчій та вищій від температури навколишнього середовища. У першому випадку необхідно застосувати холодильні установки, в другому – не потрібно.

З фізичних методів очищення стічних вод найбільш ефективним й універсальним є **вогневий метод**. Суть його полягає в розпиленні стічних вод безпосередньо в топкових газах, нагрітих до температури 900–1000 °С. При цьому вода повністю випаровується, а органічні суміші згоряють. Мінеральні речовини, що є у воді, утворюють тверді або розплавлені частинки, які пізніше вловлюються. Цей метод широко застосовується для очищення стічних вод, забруднених високотоксичними органічними речовинами – відходами лакофарбових матеріалів, які часто використовуються у технологічних процесах деревообробних підприємств та ін.

Хімічне очищення стічних вод.

Хімічне очищення стічних вод здійснюють переважно трьома способами: нейтралізацією, окисненням і відновленням.

Нейтралізацію проводять для доведення рН січних вод до 6,5–8,5, тобто близького до нейтрального. Отже, нейтралізувати потрібно стічні води з рН < 6,5 (з кислотою реакцією середовища) і з рН > 8,5 (з лужною реакцією середовища). Нейтралізацію здійснюють змішуванням кислот стічних вод з лугами додаванням реагентів або фільтруванням через нейтралізувальні матеріали. Практика свідчить, що найбільшу небезпеку для навколишнього середовища створюють кислі стоки.

При хімічному очищенні застосовують такі способи нейтралізації:

- взаємну нейтралізацію кислих і лужних стічних вод змішуванням;
- нейтралізацію стічних вод реагентами (розчинами кислот, негашеним вапном, гашеним вапном, кальцинованою содою, каустичною содою, розчином аміаку;
- фільтруванням стічних вод через нейтралізувальні матеріали (вапно, вапняк, доломіт, магнезит, крейда).

Вибір способу нейтралізації стічних вод залежить від багатьох факторів: виду та концентрації кислот у стічних водах; витрат і режиму подачі відпрацьованих вод на нейтралізацію; наявності реагентів і місцевих умов та ін.

Нейтралізацію розчином вапна й вапняку рекомендують проводити тільки при рівномірній подачі стічних вод, що містять сильні кислоти. Фільтрування через шари вапняку, доломіту й крейди рекомендують для стічних вод, що містять соляну, азотну, сірчану кислоти при рівномірній подачі стічних вод.

Окиснення застосовують для знешкодження виробничих стічних вод, в складі яких є токсичні домішки або сполуки, що недоцільно вилучати. На практиці часто застосовують такі окиснювачі, як хлор, хлорне вапно, діоксид хлору, озон, технічний кисень, гіпохлорид кальцію і натрію, кисень та ін.

Сильнішим окиснювач, ніж хлор, є озон. Він володіє здатністю руйнувати при нормальній температурі у стічних водах значну кількість органічних сполук і домішок. Озон добувають безпосередньо на очисних спорудах в озонаторах. Він утворюється при електричному розряді в кисневому середовищі між двома електродами, до яких підводиться напруга 5–25 кВ.

Озонування дає можливість одночасно знебарвлювати воду, усуває її присмаки, неприємні запахи тощо. Озонуванням можна очищати стічні води від фенолів, нафтопродуктів, поверхнево-активних речовин (ПАР), барвників у ароматичних вуглеводнів, пестицидів на промислових підприємствах.

Фізико-механічні способи очищення стічних вод.

Фізико-механічні способи очищення стічних вод базуються на **флотації та на мембранних технологіях очищення.**

Флотація – найбільш поширений спосіб очищення стічних вод целюлозно-паперових і деревообробних підприємств. Флотацію успішно використовують для очищення стічних вод від продуктів, які мають у своєму складі олію та інші речовини, що легко спливають і застосовуються в різних галузях промисловості. Флотація – це процес молекулярного прилипання частинок забруднювальних речовин до поверхні розподілу двох фаз: вода – повітря, вода – тверда речовина. Процес очищення стічних вод від речовин, що легко спливають (розчинників, нафтопродуктів та ін.), волокнистих матеріалів за допомогою флотації полягає в утворенні системи «частинки забруднень – бульбашки повітря», які спливають на поверхню та утилізуються.

Крім флотації з механічним диспергуванням повітря, на підприємствах також застосовуються хімічна та біологічна флотації. Хімічна флотація ґрунтується на введенні в стічну воду хімічних реагентів для її оброблення, які спричиняють хімічні процеси з виділенням газів. Бульбашки цих газів за деяких умов можуть прилипати до нерозчинених твердих частинок і виносити їх у пінний шар. Таке явище, наприклад, спостерігається при обробленні стічних вод хлорним вапном із введенням коагулянтів.

Біологічна флотація застосовується для ущільнення осаду із первинних відстійників при очищенні побутових стічних вод. Для цього осад підігривається водяною парою в спеціальній ємності до 35–55 °С і за таких умов витримується декілька діб. У результаті діяльності мікроорганізмів виділяються бульбашки газів, які виносять частинки осаду в пінний шар, де вони ущільнюються.

Зворотний осмос (гіперфільтрація) – це процес фільтрування стічних вод через напівпроникні мембрани під тиском. Мембрани, пропускаючи молекули розчинника, затримують розчинені речовини. При зворотному осмосі відокремлюються частинки (молекули, гідратовані іони), розміри яких не перевищують розміри молекул розчинника. При ультрафільтрації розмір окремих частинок на порядок більший, але максимальні їхні розміри не перевищують 0,5 мкм. Таким чином, зворотний осмос відрізняється від ультрафільтрації тим, що він може відокремлювати частинки дуже малих розмірів.



Рис. 2.6. Промислова система зворотного осмосу

Ця система здатна видалити 99 % забруднень, включаючи механічні домішки, органіку, хлор та хлорорганічні сполуки, важкі метали, залізо і марганець, а також віруси та бактерії. Все це гарантує не тільки безпеку, але й надає кінцевій продукції відмінні характеристики.

Фізико-хімічне очищення стічних вод.

Цей спосіб включає такі методи очищення стічних вод: коагуляцію, сорбцію, адсорбцію, дезодорацію, екстракцію та ін.

Коагуляцію переважно застосовують для очищення стічних вод від емульсій і суспензій, до складу яких входять колоїдні частинки розміром 0,001–0,1 мкм. Ці частинки мають електрзаряд, який виникає у результаті поглинання із водного розчину іонів. Заряд не дає можливості колоїдним частинкам злипатися і таким чином збільшує стійкість колоїдного розчину. Тому в колоїдний розчин додають коагулянти (солі алюмінію, заліза, магнію, вапна), які зменшують електрзаряд колоїдних частинок, унаслідок чого вони інтенсивно злипаються у великі частинки й осідають на дно очисної споруди.

Замість коагулянтів часто застосовують водні розчини полімерів, у молекулі яких містяться полярні функціональні групи - флокулянти. Частинки забруднювальних речовин під дією флокулянтів перетворюються в пухку масу, що осідає на дно споруди. Коагуляцію також можна здійснювати, пропускаючи стічні води через електролізер з анодом, виготовленим з алюмінію або заліза. Метал анода під дією постійного електричного струму переходить у стічну воду, утворюючи важкорозчинні гідроксиди алюмінію або заліза. Метод електрохімічного коагулювання широко застосовується для очищення стічних вод від масел, жирів, нафтопродуктів, хроматів і фосфатів.

Сорбційне поглинання – один із найбільш ефективних методів глибокого очищення стічних вод від ароматичних сполук, неелектролітів, барвників, гідрофобних сполук. Сорбційне поглинання принципово не відрізняється від процесу адсорбції в газовій фазі. Тому

в інженерній практиці цей метод часто називають адсорбційним методом очищення стічних вод. Його застосовують для очищення стічних вод від органічних (розчинники, розріджувачі, відходи лакофарбових матеріалів та ін.) і неорганічних (формальдегід, фенол, відходи синтетичних смол, аміак та ін.) речовин, якщо їхня концентрація у воді незначна, вони біологічно не розкладаються і є дуже токсичними.

Адсорбційне очищення вод буває регенеративним (витягування речовин з адсорбенту та їхня утилізація) і деструктивним (витягування речовини з адсорбенту та її знищення разом з адсорбентом).

Біологічне очищення стічних вод.

Біологічне очищення – один із методів очищення стічних вод від багатьох органічних і деяких неорганічних домішок на підприємствах целюлозно-паперової, деревообробної, харчової та інших галузей промисловості. За характером цей метод аналогічний природним процесам, наприклад, біологічному очищенню організмів (біоценозу), до складу яких входить багато різних бактерій (простих і високоорганізованих), пов'язаних між собою в єдиний комплекс складними взаємовідносинами (метабіозу, симбіозу та антагонізму).

Основну роль у цьому комплексі відіграють бактерії, число яких знаходиться в межах від 10^6 до 10^8 клітинок в одному грамі сухої біомаси. Число родів бактерій може досягати 5–10, а число видів – кілька десятків і навіть сотень.

Така різноманітність видів бактерій зумовлена наявністю в стічній воді органічних речовин різних класів. Якщо у складі стічних вод є лише одна або декілька близьких за складом органічних сполук, то можливий розвиток монокультури бактерій. Скорочення видів бактерій можливе, якщо очищення проводять при відсутності розчиненого у воді кисню (в анаеробних умовах) або при надто великому співвідношенні кількості поданих на очищення забруднень і біомас мікроорганізмів.

У процесі очищення стічних вод беруть участь дві групи бактерій: **гетеротрофи та автотрофи**. Ці групи бактерій відрізняються за способом використання джерела вуглецевого живлення. Гетеротрофи використовують вуглець з готових органічних речовин, що переробляються ними для отримання енергії, необхідної для біосинтезу клітин. Автотрофи для синтезу клітин застосовують неорганічний вуглець, а енергію утримують у результаті фотосинтезу або хемосинтезу (окиснення деяких органічних сполук: аміаку, нітритів, солей двовалентного заліза, сірководню та ін.). Під дією мікроорганізмів можуть протікати **окиснювальний (аеробний)** або **відновлювальний (анаеробний)** процеси.

Анаеробний процес часто застосовують для очищення дуже концентрованих стічних вод, що викидаються малярними, лакувальними, машинобудівними, деревообробними та іншими промисловими підприємствами.

Ефективність процесів біологічного очищення залежить від температури, рН середовища, наявності біогенних елементів, рівня живлення мікроорганізмів, кисневого режиму, вмісту токсичних речовин. Найбільша ефективність біологічного очищення вод забезпечується при:

- температурі в очисних спорудах 20–30 °С;
- рН середовища 5–9 (оптимальна 6,5–7,5);
- достатній концентрації основних елементів живлення бактерій;
- постійній концентрації розчиненого кисню не нижче 2 мг/л;
- допустимій дозі токсичних речовин, яка могла б негативно вплинути на біологічні процеси.

Найбільше поширеними є три групи очисних споруд для біологічного очищення, які відрізняються за видом розміщення в них активної біомаси:

- біомаса закріплена нерухомо, а стічна вода рухається;
- біомаса знаходиться у стічній воді у вільному стані;
- перший і другий варіанти поєднані.

До першої групи водоочисних споруд відносять біофільтри, до другої – аеротенки, циркуляційні канали, окситенки; до третьої – занурені біофільтри, аеротенки із наповнювачами.

Біофільтр – це споруда, у корпусі якої розміщується кускова насадка і розподільчий пристрій для стічної води та повітря. В біофільтрах стічна вода фільтрується через шар кускової насадки, покритої плівкою із мікроорганізмів. Мікроорганізми біоплівки окиснюють органічні речовини, що використовують при цьому як джерела живлення та енергії. Внаслідок цього зі стічної води виводяться органічні речовини, а маса активної плівки збільшується. Відпрацьована біоплівка змивається протічною стічною водою та виноситься з біофільтра.

Аеротенками називають залізобетонні аеровані резервуари. Процес очищення в аеротенку відбувається при протіканні через нього аерованої суміші стічної води та активного намулу.

Щодня власники бізнесу та головні технологи шукають напрямки вдосконалення власної діяльності, покращення якості виробництва, задоволення потреб власних клієнтів. Особливо гостро ці потреби постають на харчових виробництвах, які знаходяться в умовах сильної ринкової конкуренції та поступового переходу до європейських норм виробництва. Важливим в даному аспекті є використання води, що відповідає вітчизняним та закордонним нормам та законам.

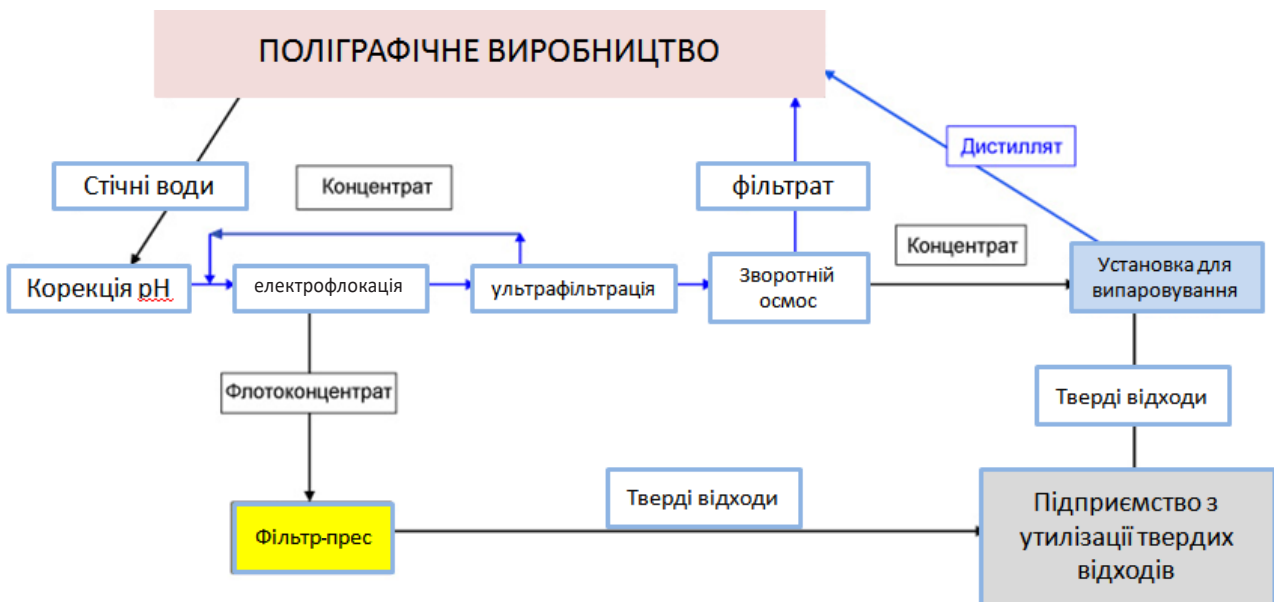


Рис. 2.7. Схема оборненого водопостачання цеху

Питання для самостійного опрацювання

1. Які технологічні ділянки офсетного друку є основними джерелами забруднення стічних вод і що саме вони містять?
2. Чим відрізняються забруднювачі у флексографії від стоків палітурно-брошурувальних процесів?
3. Яка мета першого етапу очищення (механічного) і які пристрої для цього використовуються?
4. У чому полягає суть процесів коагуляції та флокуляції при хімічному очищенні води?
5. Для видалення яких конкретних речовин у поліграфії використовують метод реагентного осадження?
6. Як працює метод флокації та чому він вважається ефективним для видалення ПАР та часток фарби?

7. У чому принципова різниця між очищенням води у біофільтрах та в аеротенках?
8. Який відсоток забруднень здатна видалити система промислового зворотного осмосу і чому вона важлива для сучасних стандартів?
9. Яка роль мікроорганізмів (біоплівки) у процесі біологічного очищення стічних вод?
10. Чому для поліграфічних підприємств важливо впроваджувати системи замкненого водоспоживання?

Тема 2.4. Поводження з твердими відходами виробництва

Тверді відходи хімічної та суміжних з нею галузей промисловості складають щорічно понад 500 млн тонн і все більше і більше використовуються як сировина для отримання нових продуктів.

Тверді відходи залежно від місця їх утворення поділяють на дві категорії:

- промислові;
- побутові, або відходи міського господарства.

Відходи, що утворюються в процесі видобування корисних копалин, їх збагачення у виробничих процесах називаються **промисловими**.

До твердих промислових відходів відносять:

- відходи металу, дерева, пластмас, гуми та інших матеріалів;
- осади стічних вод після їх обробки;
- шлами пилу в системах мокрого очищення газів;
- промислове сміття.

Побутові відходи (відходи міського господарства) – це сміття, що утворюється в житлових та нежитлових будинках (домогосподарствах), а також подібні відходи установ та організацій, включаючи змішані, роздільно зібрані фракції, великі та ремонтні відходи, які не використовуються за місцем утворення.

Структура твердих відходів безпосередньо залежить від етапу виробничого циклу. Щодо поліграфічного виробництва, то на стадії додрукарської підготовки домінують відходи алюмінієвих пластин та фотохімікатів. Етап безпосереднього друку генерує відходи паперу, гумотканинних полотен та тари з-під лакофарбових матеріалів. Фінішна обробка – різання, фальцювання, ламінування – додає до загального обсягу обрізки паперу, залишки клею та полімерних плівок. Кожен з цих матеріалів вимагає індивідуального підходу до відновлення або видалення, що формує необхідність впровадження систем роздільного збирання безпосередньо на місці утворення.

Відходи металів: офсетні пластини та алюмінієві сплави.

Офсетний друк залишається домінантною технологією для великих накладів, що зумовлює стабільне утворення відпрацьованих алюмінієвих пластин. Для виготовлення офсетних пластин (СТР та PS) використовуються високоочищені алюмінієві сплави марок 1050, 1060 та 1070. Ці сплави характеризуються високою пластичністю, корозійною стійкістю та стабільністю розмірів. Головною перевагою алюмінію є можливість його нескінченної переробки без втрати фізико-хімічних властивостей. Механізм утворення цього виду відходів пов'язаний з фізичним зносом гідрофільного шару під час друку або з вичерпанням актуальності тиражу.



Рис. 2.8. Presstek – вільні від хімії друковані пластини серії Freedom (угорі), Pro, Applause і PearlDry

Економічна доцільність збору офсетного алюмінію базується на його ринковій вартості як кольорового брухту. У 2025 році ціна на алюміній для друкарень в Україні (категорія «Алюм. типографія») становить близько 91 грн за кг, що значно вище за ціну побутового алюмінію або алюмінієвої банки. Для друкарень це створює суттєве джерело повернення коштів, які можуть бути спрямовані на покриття витрат з утилізації токсичних шламів.

Тип металевого брухту	Орієнтовна ціна (грн/кг, 2025)	Особливості
Алюміній типографія (офсет)	91-96	Найвища чистота, відсутність сторонніх домішок
Алюміній електротехнічний	70-107	Висока провідність, мінімум ізоляції
Алюмінієвий профіль	70-85	Наявність фарби або залишків ущільнювачів
Алюмінієва банка	40-64	Високий вміст лаку та тонких сплавів

З погляду екологічного впливу, рециклінг алюмінію потребує лише 5 % енергії, необхідної для первинного виробництва з бокситів. Це означає, що кожна тонна перероблених пластин запобігає викиду в атмосферу значної кількості парникових газів, що покращує вуглецевий профіль підприємства. Це робить переробку пластин ключовим елементом стратегії декарбонізації поліграфічного підприємства.

Відходи паперу: глибоке перероблення целюлозно-паперової продукції.

Паперові відходи складають зазвичай понад 80 % загальної маси твердих відходів друкарні. Вони класифікуються за державними стандартами на марки, серед яких найпоширенішими в поліграфії є МС-5Б (картонні коробки, гофра) та МС-7Б (білий папір з печаткою, обрізки книжково-журнальної продукції).

Процес управління цими відходами включає сортування безпосередньо біля різальних машин, пресування в тюки вагою від 700 кг для оптимізації транспортування та продаж переробним заводам. Ціна на макулатуру марок МС-5 та МС-7 у 2025 році коливається від 4,00 грн за кг, тоді як архівний білий папір А4 може коштувати від 4,50 грн за кг. Рациональне управління цими потоками мінімізує об'єми на сміттєзвалищах, де папір під дією вологи стає джерелом фільтрату, що забруднює ґрунтові води.

Промислове виробництво паперу робить значний вплив на навколишнє середовище на початковому етапі отримання й обробки сировини та на наступних етапах. При виробництві паперу в повітря і воду потрапляють високотоксичні хімічні речовини, такі як толуол, метанол, діоксид хлору, соляна кислота і формальдегід. Створення переробленого паперу вимагає менше хімічних речовин і відбілювачів, ніж створення нового паперу. Однак треба зазначити, що при виробництві вторинного паперу може утворюватися більше шламу. За оцінкою Агентства США з охорони навколишнього середовища, при переробленні макулатури на виробництво нового паперу забруднення води знижується на 35 %, а забруднення повітря зменшується на 74 %.

Використання переробленої макулатури знижує споживання енергії, проте з приводу конкретних значень економії ведуться суперечки. Державне управління енергетичної інформації США стверджує, що економія енергії завдяки переробленню макулатури в порівнянні з виробництвом паперу з непереробленої целюлози знижує витрати енергії на 40 %, в той час, як Бюро міжнародної рециркуляції стверджує, що витрати енергії знижуються на 64 %.

На отримання паперової маси при переробленні паперу фактично витрачається більше викопного палива, ніж на отримання целюлози через крафт-процес, коли велика частина енергії виходить від спалювання деревних відходів (кори, коренів, відходів деревообробки типу) і побічних продуктів лігніну (чорного лугу).

Від обрізків до макулатури.

Макулатура є одним із найбільш популярних видів вторинної сировини, використання якої дозволяє замінювати дефіцитну деревну масу. За статистичними даними, щорічно міський мешканець генерує до 300 кг відходів, де паперова фракція складає близько 40 % (120 кг).



Рис. 2.9. Час розкладання паперових та полімерних виробів

Екологічна цінність перероблення 1 т. макулатури еквівалентна порятунку 10-17 дерев (або заміщенню 4 м³ деревини) та значній економії енергоресурсів – від 105 до 780 кВт/год на тонну.

Стандарти суворо забороняють приймання макулатури, зібраної на сміттєзвалищах або в медичних установах через ризик біологічного та хімічного забруднення. Особливо виділяються забрудники, присутність яких обмежена: калька, металізований папір, вироби з синтетичним покриттям. Перероблення макулатури є багатоетапним процесом, мета якого полягає у відновленні паперового волокна і, найчастіше, інших компонентів паперу

(таких як мінеральні наповнювачі) і використання їх як сировини для виробництва нового паперу. Згодом папір жовтіє і зазвичай для виробництва нових паперових виробів вторинне волокно змішують з новим.

При правильній обробці, практично всі типи паперу піддаються переробці і можуть бути використані для отримання нового паперу. Деяку папір складніше переробляти, оскільки вона поєднує в собі кілька елементів. Наприклад, конверти з пластиковими вікнами не піддавалися переробленню, спочатку пластик необхідно видалити. Папір з пластиковим покриттям також може стати проблемою. Звичайно побутовий папір переробляється, але в будь-якому випадку необхідно уточнювати можливість переробки на пункті приймання макулатури.

Різні види паперу переробляються по-різному. Наприклад, найкраще переробляються газети, журнали, картон, звичайний газетний папір, брошури, рекламні буклети й подібні матеріали. А ось набагато гірше – пакувальний папір, листи для заміток і все інше, де є додаткове клейове або захисне покриття. Погано переробляється подрібнений папір. Але тут проблема в специфіці роботи обладнання. Дрібна сипуча маса може привести до поломки, тому її складають в картонні коробки.

Найчастіше не переробляються коробки від піци, картонні стаканчики, паперові рушники та серветки, обгортки від цукерок, брудний і вологий папір. Складно переробляється ламінований картон, і дуже часто така переробка недоцільна з економічного погляду. Але технології не стоять на місці, і вже зараз його використовують при виробництві утеплювачів, пресованих будівельних матеріалів і навіть м'якої черепиці.

Залежно від структури матеріалу, різні листи витримують від 3 до 7 циклів перероблення. Після цього волокна стають непридатним навіть в якості домішки. Зате використання вторинної сировини дозволяє істотно знизити собівартість кінцевого продукту.

Технологічні етапи виробництва паперу з вторинного волокна.

Процес переробки макулатури вимагає складного обладнання для видалення сторонніх включень та відновлення властивостей папероутворення целюлози.

Сортування та первинна підготовка.

1. На цьому етапі відбувається поділ за марками. Для низькоякісної макулатури обов'язковим є видалення скотчу та поліетилену. Вторинний картон з вмістом бітуму піддається термомеханічній обробці для деструкції малорозчинних речовин.

Замочування та гідророзбивання.

Сировина подрібнюється у водному середовищі до стану суспензії.

2. Багатоступеневе ситкування.

Суспензія проходить через серію сит з різним розміром отворів. Це дозволяє видалити дрібні нерозчинені шматочки паперу та грубі смітинки.

Вакуумне та барабанне очищення.

3. Завдяки відцентровим силам та вакууму з маси видаляються важкі (пісок, скло) та легкі (клей, пластик) включення.

Флотаційне очищення від фарби.

Обробка маси повітрям та піною дозволяє винести частки друкарської фарби на поверхню для їх подальшого видалення.

4. Гомогенізація в центрифугі.

Маса розділяється за щільністю, а хімічні реагенти забезпечують фінальне доведення якості волокна.

Формування та сушіння полотна.

Отримана маса (консистенція близько 95 % води) подається на папероробну машину, де вона відтискається валами, висушується та калібрується.

Технології перероблення полімерних відходів та плівкових матеріалів.

Перероблення полімерів, особливо плівкових відходів ПВД (поліетилен високого тиску) та ПНД (поліетилен низького тиску), є одним із найбільш динамічних сегментів ринку вторсировини. Основна технологічна лінія перероблення плівки базується на послідовності механічних та термічних процесів.

Склад та функціонування технологічної лінії.

Процес перетворення брудної плівки на товарну гранулу включає стадії подрібнення, миття, агломерації та гранулювання.

1. **Подрібнення та миття.** Здійснюється в миючорізальних агрегатах або шредерах. Зворотні шредери з корончастими ножами дозволяють працювати в безперервному режимі, активно захоплюючи сировину та подрібнюючи її до потрібної фракції.

2. **Флотація.** Використовується для відділення полімеру від паперу, піску та інших включень. Принцип роботи ванни флотації для ПЕТ базується на різниці щільності: полімер осідає або спливає, а лопаті на валу створюють потоки для вимивання домішок.

3. **Агломерація.** Після відділення вологи сировина потрапляє в агломератор, де під дією тертя та короткочасного перегріву вона перетворюється на щільні котунці (агломерат).

4. **Пластикція та гранулювання.** В екструдері відбувається гомогенізація розплаву. Пресування здійснюється шляхом обертання конічного шнека, який вичавлює розплав через фільтру. Гарячі гранули охолоджуються та висушуються перед пакуванням.

Коли матеріальна утилізація відходів є неможливою або економічно недоцільною, застосовуються термічні методи деструкції. Вибір між спалюванням, піролізом та газифікацією залежить від складу відходів, вимог до екологічної безпеки та цільового енергопродукта.

Шарове спалювання в котлах з колосниковими решітками дозволяє переробляти відходи розміром до 1 метра без попередньої підготовки, проте цей метод супроводжується значними викидами важких металів: ртуті (до 95 %), хлору (85 %) та миш'яку (75 %). Більш сучасним є метод спалювання у киплячому шарі, що підвищує ККД до 85 %, але вимагає попереднього подрібнення відходів до 10 см та видалення металів. Піроліз, навпаки, є більш гнучким методом, що дозволяє отримувати альтернативне паливо та сировину для хімічної промисловості (наприклад, активоване вугілля з твердого залишку). Проте висока вартість будівництва сучасних заводів робить ці проекти залежними від державної підтримки.

Гумотехнічні вироби та гумотканинні полотна.

Специфічним видом відходів є офсетні гумотканинні полотна (ОГП) та гумові вали. Вони складаються з кількох шарів: жорсткої гуми, клейового шару, м'якої (компресійної) гуми та текстильної основи. Протягом десятиліть ці матеріали вважалися непридатними для переробки через складність розділення компонентів. Однак інноваційні методи пропонують шляхи їх регенерації.

Один із запатентованих методів передбачає повне зняття пошкодженого верхнього шару гуми, нанесення нової каучукової маси та подальшу вулканізацію. Це дозволяє використовувати полотно повторно, що зменшує витрати підприємства на закупівлю нових витратних матеріалів на 50-70 %. Для матеріалів, що не підлягають відновленню, застосовується піроліз – термічний розклад за температури понад 430 °С в безкисневому середовищі. Результатом піролізу є біопаливо, газ та вуглецевий залишок (чар), який може використовуватися як добриво або сорбент для очищення ґрунтів. Перероблення гумових полотен шляхом піролізу є найбільш екологічно чистим методом, економічно ефективним та сучасним. Технологія заснована на переробленні автомобільних шин у паливо шляхом нагрівання шин від 200 градусів до 600 у спеціальних котлах без доступу кисню. В результаті перероблення утворюється сучасний піролізний газ, піролізний дистилат, напівкокс,

технічний вуглець чи його суміш з важкими вуглеводнями. Переробка шин за допомогою піролізу має досить високу рентабельність. За наявності якісного обладнання з тривалим терміном експлуатації можливе стабільне отримання вторинної сировини, що має практичне застосування у багатьох сферах.

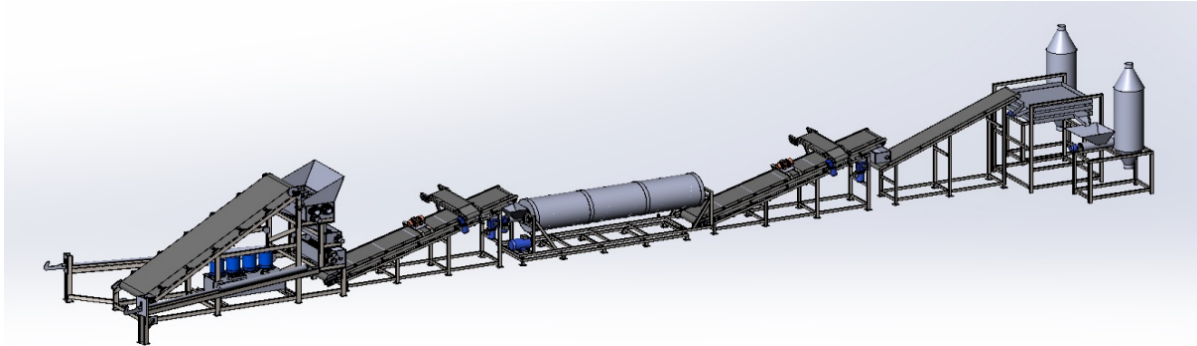


Рис. 2.10. Лінія перероблення гумових полотен шляхом піролізу

Перероблення відпрацьованої гуми на гумову крихту за допомогою подрібнення є простим та раціональним способом утилізації. Даний метод максимально зберігає всі фізико-механічні властивості. Гумову крихту можна використовувати як додаткову суміш для бетону при будівництві; для додавання у дорожнє покриття; для покриття дахів будівель; для покриття дитячих майданчиків, для виготовлення плитки тощо.

Утилізація небезпечних та специфічних відходів.

Окрему категорію складають відходи, що містять високотоксичні речовини, такі як ртуть, або компоненти, що викликають довготривале забруднення ґрунтів.

Ртутьвмісні прилади та люмінесцентні лампи.

Технологія утилізації ртутьвмісних ламп базується на принципі вакуумної демеркуризації. Процес включає руйнування ламп та розділення на скlobій, цоколі та люмінофор у потоці повітря при розрідженні 10–10000 Па з використанням вібрації 1–10000 Гц. Люмінофор нагрівається в герметичному об'ємі до 600–900 °С, що призводить до випаровування ртуті з її подальшою конденсацією в рідкий метал. Така технологія дозволяє повернути у виробничий цикл всі компоненти, уникаючи поховання на полігонах.



Рис. 2.11. Утилізація батарейок та ламп



Утилізація хімічно активних твердих та пасто-подібних відходів.

Лакофарбові матеріали та чорнила.

Друкарські фарби, що використовуються в офсетному друці, зазвичай виготовляються на основі рослинних або синтетичних олів з додаванням пігментів та сикативів. Після завершення друку залишаються відходи у вигляді засохлої фарби на тарі, шламів після промивки машин та забрудненого дрантя. Такі відходи належать до 3 класу небезпеки та потребують професійного знешкодження.

Основними методами утилізації фарб в Україні є:

- **Плазмова утилізація:** руйнування молекулярних зв'язків фарби під впливом надвисоких температур до стану синтез-газу.
- **Спалювання у спеціалізованих печах:** найбільш розповсюджений метод, що потребує наявності фільтрів для вловлювання токсичних газів. Зола, що утворюється, може використовуватися як добавка в бетон.
- **Рекуперація розчинників:** виділення чистих розчинників з відпрацьованих сумішей за допомогою адсорбції на активованому вугіллі.
- **Регенерація:** механічне очищення залишків оліф та лаків від домішок для повторного використання в технічних цілях.
- Окрему увагу слід приділяти тарі, забрудненій ЛФМ. Якщо в банці залишилося менш як три сантиметри речовини, її рекомендується висушити за допомогою абсорбентів (наприклад, тирси або паперу) перед передачею на сортувальну станцію. Вивезення рідких або пастоподібних фарб на звичайні звалища суворо заборонено, оскільки вони створюють довготривалі осередки токсичного забруднення.

Фотохімічні відходи та вилучення срібла.

Відходи фотографічної діяльності включають відпрацьовані фіксажні та проявні розчини. Хоча розвиток цифрових технологій зменшив використання плівок, багато друкарень все ще використовують хімічні процеси для виготовлення форм або в специфічних видах друку.

Ключовим аспектом утилізації фіксажу є вилучення срібла. Відпрацьований фіксаж містить значні концентрації цього металу у вигляді комплексних сполук. Спеціалізовані компанії з ліцензією здійснюють збір таких відходів, проводять процес електролізу або хімічного осадження для вилучення срібного шламу, який згодом відправляється на афінаж. Це не лише запобігає попаданню важких металів у каналізаційні системи, а і є економічно вигідним процесом, оскільки срібловмісні відходи мають певну викупну вартість.

Економічна стратегія мінімізації витрат на управління відходами.

Для сучасного поліграфічного підприємства управління відходами – це не лише екологічне зобов'язання, а й інструмент операційної ефективності. Розробка стратегії починається з аудиту масових потоків. Наприклад, якщо річний обсяг утворення макулатури перевищує 50 тонн, підприємство зобов'язане подати декларацію, що потребує чіткого документообігу.

Оптимізація витрат досягається за допомогою:

- Максимального розділення вторинної сировини.

Змішані відходи паперу та плівки коштують дешево або потребують оплати за вивіз. Відсортований за марками папір та чистий стрейч перетворюються на стабільний дохід.

- Впровадження енергоефективного обладнання.

Нові друкарські машини мають менший відсоток паперових втрат при приладці, що прямо знижує обсяг утворюваної макулатури.

- Використання регенерованих матеріалів.

Повторне використання відновлених гумових валів або рекуперованих розчинників може знизити витрати на матеріали на 20–30 %.

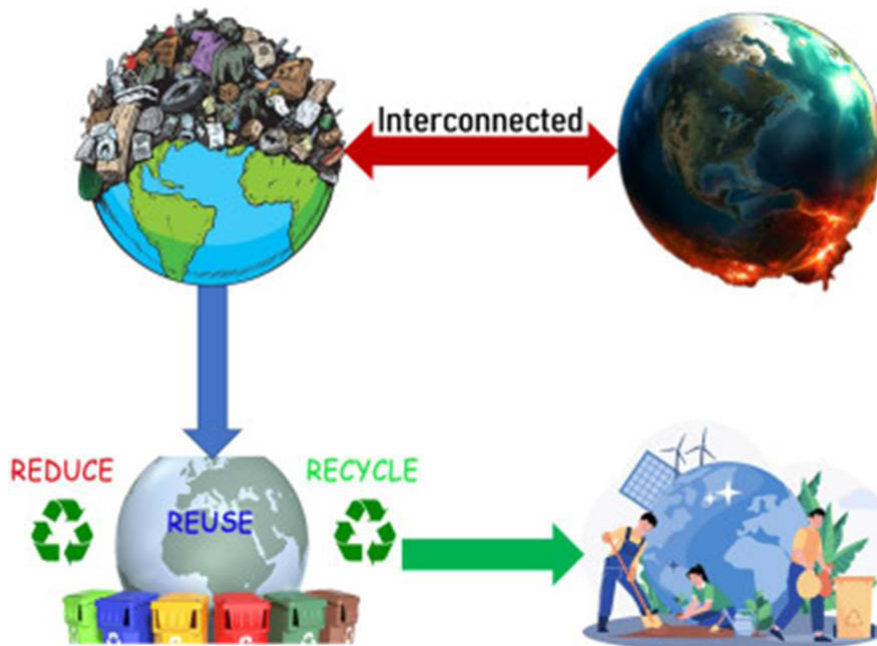
- Оптимізація складської логістики.

Пресування відходів у тюки дозволяє зменшити кількість рейсів сміттєвозів, що знижує логістичні витрати.

Економічна ефективність сортування в Україні підтверджується тим, що правильно відсортовані відходи стають джерелом доходу для громад та підприємств. В умовах зростання цін на сировину (зокрема на алюміній), кожного кілограма металу, збережена для рециклінгу, підвищує конкурентоспроможність друкарні на ринку.

Екологічні та соціальні наслідки неконтрольованого поводження з відходами.

Ігнорування правил управління твердими відходами призводить до руйнівних наслідків для екосистеми. Папір, хоч і вважається біорозкладним, на сміттєзвалищах стає джерелом метану. Але найбільш небезпечними є хімічні компоненти. Фарби містять органічні розчинники, які при випаровуванні утворюють приземний озон, що є токсичним для людини та рослин. Важкі метали (кадмій, хром), що використовуються в деяких пігментах, при потрапленні в ґрунт стають постійним джерелом отруєння харчових ланцюгів.



Соціальний аспект полягає у зростанні відповідальності бізнесу перед громадою. Сучасний споживач, особливо представники покоління Z, вимагає від брендів прозорості в питаннях екології. Наявність сертифікатів ISO 14001 або маркування FSC на продукції стає вирішальним фактором при виборі постачальника друкарських послуг. Компанії, що інвестують у безвідходні технології, отримують не лише економічну вигоду, а й стратегічну перевагу у вигляді лояльності клієнтів.

Аналіз стану управління твердими відходами в поліграфічній галузі України свідчить про глибоку трансформацію сектору. Перехід на нові законодавчі рейки (Закон № 2320-IX)

змушує підприємства відійти від моделі «виробництво-викид» до моделі «виробництво-відновлення». Ключовим успіхом у цьому напрямку є впровадження ієрархії відходів, де пріоритет надається запобіганню їх утворення.

Перспективи 2025–2026 років вказують на подальше поглиблення цифровізації процесу управління відходами через державні екологічні портали, де подача декларацій та рух небезпечних відходів відстежуватимуться в реальному часі. Технологічно галузь очікує ширше впровадження біорозкладних фарб та пакувальних матеріалів, а також розвиток локальних центрів перероблення гумотехнічних виробів та алюмінію, що дозволить скоротити логістичне плече.

Для забезпечення сталого розвитку друкарням рекомендується:

- Перейти на роздільний збір відходів за кодами Національного переліку (групи 03, 08, 09).
- Регулярно проводити аудит технологічних втрат паперу та впроваджувати AI-рішення для їх мінімізації.

- Обирати партнерів-утилізаторів з підтвердженою історією перероблення, а не просто вивезення на полігон.

- Сприяти переходу на друк на вимогу для зниження обсягів нереалізованої продукції.

Такі кроки дозволять поліграфічному бізнесу не лише відповідати жорстким вимогам закону, а й стати активним учасником циркулярної економіки, де відходи перетворюються на цінний ресурс для нових циклів виробництва.

Питання для самостійного опрацювання

1. На які дві основні категорії поділяють тверді відходи залежно від місця їх утворення?
2. Які специфічні види відходів домінують на стадії додрукарської підготовки та на етапі безпосереднього друку?
3. Чому відпрацьовані офсетні алюмінієві пластини вважаються привабливим об'єктом для рециклінгу?
4. Яку частку в загальній масі твердих відходів друкарні зазвичай складає папір, і на які марки він найчастіше класифікується?
5. Яка екологічна цінність перероблення 1 тонни макулатури з погляду збереження лісів та енергії?
6. Які основні етапи включає технологічний процес перероблення макулатури для отримання вторинного волокна?
7. Як працює технологія утилізації ламп, що містять ртуть (вакуумна демеркуризація)?
8. Які існують методи утилізації лакофарбових матеріалів та чорнил в Україні?
9. У чому полягає економічна вигода від відновлення офсетних гумотканинних полотен (ОГП)?
10. Які кроки рекомендується вжити друкарням для забезпечення сталого розвитку та відповідності вимогам циркулярної економіки?

Розділ 3

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТА МАЛОВІДХОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ



Принцип безвідходного виробництва запозичений у природних екосистем, які працюють за замкнутою схемою. Колообіг речовин у природі відтворює життя у всіх її різноманітних формах при повній утилізації відходів.

Безвідходне виробництво в поліграфії зосереджене на усуненні відходів протягом усього життєвого циклу шляхом цифрового друку на вимогу, оптимізовані макети для мінімізації паперових відходів та використання екологічно чистих, перероблюваних матеріалів. Цей підхід надає пріоритет циркулярній економіці – повторному використанню відходів, таких як папір та хімічні розчинники, – для зменшення впливу на навколишнє середовище та зниження витрат.

Ключові принципи включають:

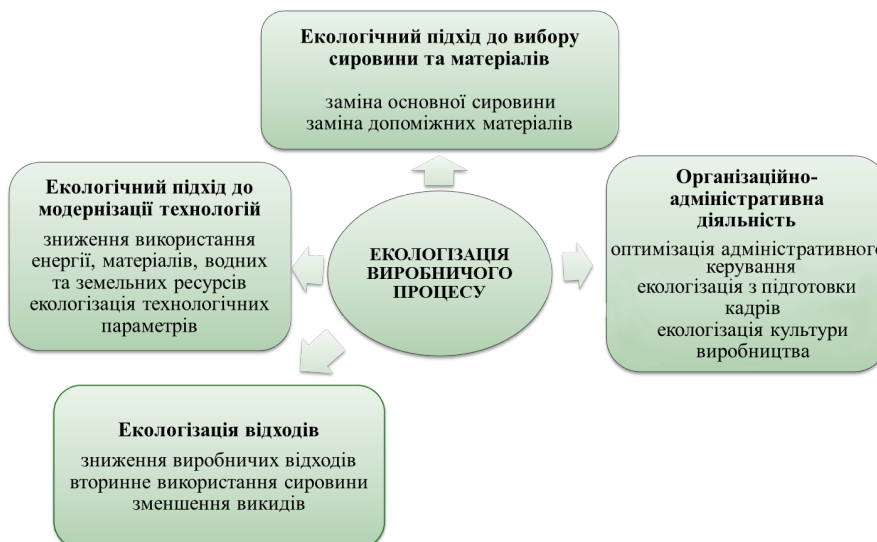
Мінімізація утворення відходів: використання цифрових технологій усуває потребу в пластинах та зменшує кількість паперових відходів під час налаштування, а передове програмне забезпечення оптимізує макети друку для максимального використання підкладки.

Циркулярна економіка та перероблення: впровадження замкнутих систем, де паперові відходи переробляються у нові продукти, а хімічні розчинники (наприклад, для відновлення срібла) обробляються або використовуються повторно.

Сталі матеріали: використання екологічно чистих альтернатив, таких як рослинні чорнила та стійкі основи, для зменшення токсичних викидів.

Ощадне виробництво: використання ефективного планування для зменшення перевиробництва та мінімізації відходів, особливо при використанні традиційних методів друку з великими обсягами виробництва.

Завдяки впровадженню цих практик, поліграфічна галузь зменшує свій екологічний слід та переходить від лінійної моделі «взьми-виготовлюй-утилізуй» до сталої системи із замкнутим циклом.



Тема 3.1. Впровадження принципів замкненого циклу

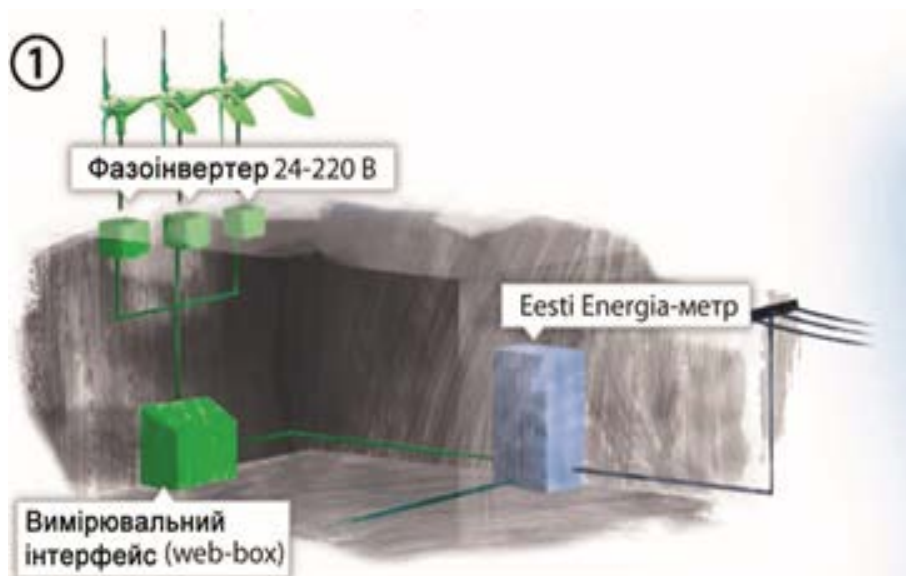
Для українського підприємця-поліграфіста впровадження принципів замкненого циклу (circular economy) є не лише механізмом виконання нових жорстких вимог національного законодавства, але й стратегічним інструментом оптимізації собівартості в умовах волатильності цін на енергоносії та сировину.

Є ряд технологічних рішень, які можуть допомогти друкарні на шляху «озеленення». Спочатку потрібна оптимізація приміщення. Ось декілька прикладів:

Вітряні турбіни.

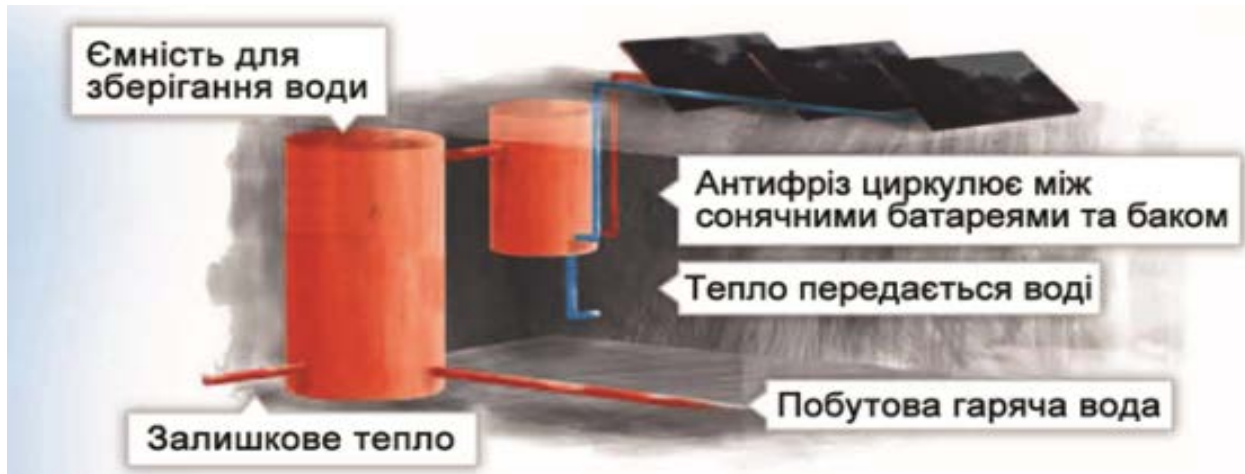
Розв'язання багатогранних проблем, пов'язаних із глобальним потеплінням, вимагає узгоджених зусиль для переходу до відновлюваних джерел енергії, які пропонують чистіші альтернативи викопному паливу. Використовуючи рясну та невичерпну енергію сонця, вітру, води та геотермального тепла, технології відновлюваної енергії забезпечують шлях до декарбонізації глобального енергетичного сектору та пом'якшення несприятливих наслідків зміни клімату. Крім того, впровадження рішень у сфері сталої енергетики має потенціал для каталізації інновацій, стимулювання економічного зростання та сприяння енергетичній незалежності.

Вітряні турбіни призначені для використання в міських умовах. Їх лопасті зроблені за принципом конструкції крила сови, що забезпечує мінімальний рівень шуму.



Сонячний колектор для підігріву води.

Сонячний колектор розташований на даху приміщення. Холодна вода проходить через резервуар, з'єднаний з сонячною панеллю, а потім надходить в сховище. Сонячний колектор для нагріву води – це геліосистема, що перетворює сонячне випромінювання на теплову енергію для гарячого водопостачання (ГВП) або підігріву басейну, знижуючи витрати на комунальні послуги. Основні типи – плоскі (дешевше) та вакуумні трубчасті (ефективніші, працюють у холодну пору), які бувають активними (з помпою) або пасивними (термосифонними). Ці системи складаються з колектора, бака-накопичувача та контролера (для активних), і монтуються на даху для збору тепла та подальшого використання гарячої води.



Використання дощової води в системі зволоження.

Зростання тарифів на водопостачання призвело до того, що в деяких випадках рахунки за воду вже стали чи не найбільшими у структурі комунальних тарифів. Суттєво знизити споживання цього цінного енергоресурсу можна за допомогою використання дощової води. Використовувати водопровідну воду, яка пройшла спеціальну підготовку з очищенням до стандартів питної, для господарських потреб нераціонально. У багатьох випадках для цього можна використовувати дармову дощову воду. Колись у приватних домогосподарствах її збирали у залізні бочки, а згодом застосовували для поливу городу. Така вода, до речі, більш корисна для рослин, ніж водопровідна або підземна зі свердловини, адже в першому випадку вона містить хлор, а в другому – насичена солями, що псують ґрунт.

Нинішній розвиток технологій дозволяє розширити використання дощової води не лише для поливу, а й у поліграфії для використання у технологічному процесі. Наприклад для системи зволоження в офсетному друці.

Автоматична система зволоження дозволяє підтримувати оптимальну вологість повітря в друкарні, знижуючи споживання води на 60 %. Спеціальний датчик вимірює вологість повітря і, залежно від значення, включає або вимикає розпилювачі на стелі. У системі може використовуватися дощова вода, що збирається з дахів приміщення в спеціальний бак.

У посушливі періоди система автоматично перемикається на подачу води з водопроводу. У дощову пору надлишок води зливається в каналізацію.



Вентиляція і використання залишкового тепла.

Система вентиляції, оснащена теплообмінником, дозволяє використовувати термальну енергію, що виділяється обладнанням для підігріву повітря, яке нагнітається в приміщення. Залишкове тепло генерується обладнанням, що працює і використовується у виробничому приміщенні – таким чином здійснюється опалення приміщення в зимовий час. Система повністю автоматизована, регулюється залежно від робочого графіка і може працювати цілодобово, якщо потрібно.



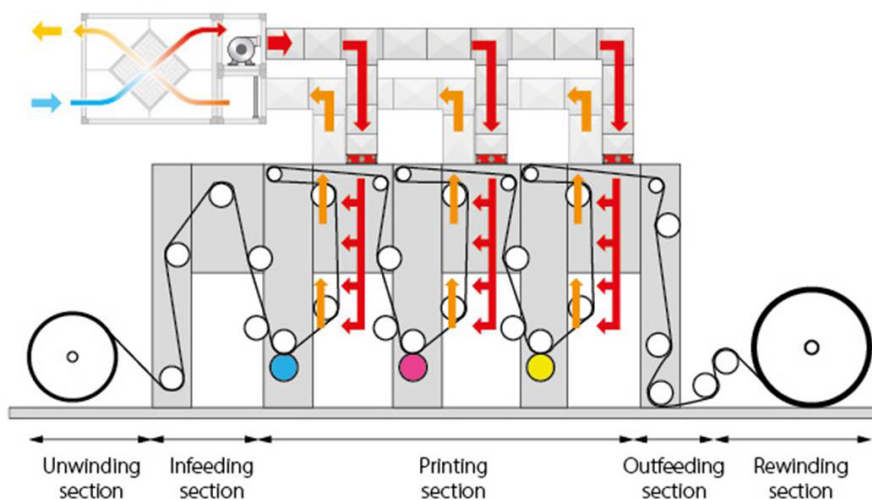
Енергоефективні системи друку з рекуперацією тепла.

Багато технологій друку та обробки поверхні паперу та текстилю включають фазу сушіння в печі після нанесення фарби, клею або іншого захисного матеріалу. Ця фаза передбачає високі витрати енергії, але є вирішальною для успіху продукту.

У процесах флексографічного та глибокого друку фарба наноситься на папір, проходячи послідовно через кілька валиків. Якщо фарба між одним валиком і наступним не висихає належним чином, друкарські циліндри забруднюються, що призводить до неточних та низькоякісних зображень (дублювання).

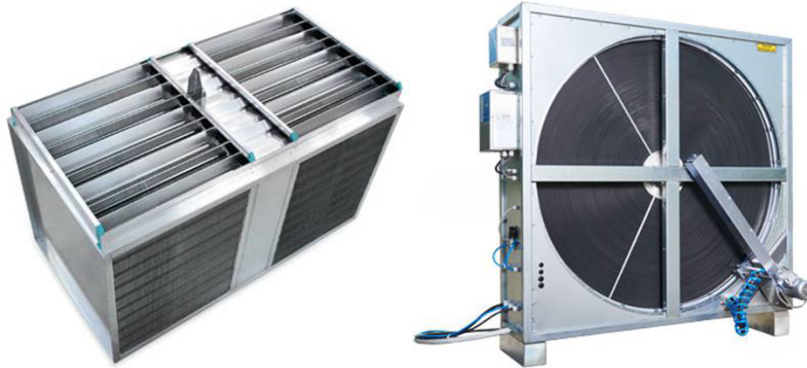
Інші процеси, такі як силіконізація для самоклеючих етикеток та багат шарове ламінування для гнучкої упаковки та промислової продукції, вимагають сушіння великою кількістю гарячого повітря, зазвичай за температури від 70 до 250 °С, що призводить до високих витрат енергії.

Рекуперація тепла зменшує споживання енергії, необхідної для сушіння, на 90 %, передаючи тепло від потоку відпрацьованого повітря, насиченого розчинником, до потоку чистого повітря, що надходить.



Спрощена схема ротаційного принтера глибокого друку з теплообмінником, що обслуговує три незалежні секції сушіння.

Для цього застосування необхідні рекуператорні установки, стійкі до високих температур і механічних навантажень. Компанії Recuperator та Klingenburg, що входять до групи CAREL, представляють на Друра свої технологічні ноу-хау в галузі друку та обробки поверхонь.



Пластинчасті теплообмінники з алюмінієвими або нержавіючими сталевими ребрами дозволяють компактно встановлюватися у вентиляційних каналах сушильної секції та гарантують стійкість до високих температур і корозії, спричиненої наявністю розчинників.

Крім того, завдяки інтегрованим системам байпасу та регулювальних заслінок, теплообмінник дозволяє рекуперацію зі змінною швидкістю рециркуляції для кожної секції друкарського тунелю, оптимізуючи споживання енергії.

Високотемпературні роторні рекуператори тепла, оснащені автоматичними системами очищення, ефективно видаляють пил, частинки чорнила та липкі речовини, забезпечують рекуперацію тепла з дуже високою ефективністю. Вони ідеально підходять для модернізації реальних систем та дозволяють швидко інтегруватися в реальні повітроводи. Їхня стійкість до високих температур також робить їх ідеальними для рекуперації тепла після згоряння.

Питання для самостійного опрацювання

1. На основі чого базується принцип безвідходного виробництва і як це відображається в природних процесах?
2. Які ключові методи використовуються в поліграфії для мінімізації утворення відходів паперу?
3. У чому полягає пріоритет циркулярної економіки для друкарень і які матеріали підлягають повторному використанню?
4. Чому впровадження принципів замкнутого циклу є стратегічно важливим для українського підприємця-поліграфіста?
5. Які особливості конструкції мають вітряні турбіни, призначені для використання в міських умовах?
6. Чим відрізняються плоскі сонячні колектори від вакуумних трубчастих за ефективністю та вартістю?
7. Яким чином використання дощової води в поліграфії допомагає знизити витрати на комунальні послуги?
8. Як працює автоматична система зволоження повітря в друкарні та як вона регулюється в посушливі періоди?
9. Яку роль відіграє рекуперація тепла в процесах сушіння фарби та на скільки відсотків вона може зменшити споживання енергії?

Тема 3.2. Мінімізація утворення відходів та вторинна переробка

Технологія Computer-to-Plate (CtP) безхімічного проявлення.

Безхімічна пластина CTP (Computer-to-Plate), також відома як безпроцесна пластина, є типом друкованої форми, яка усуває потребу в традиційних хімікатах для обробки форм. Він призначений для спрощення процесу виробництва пластин, зменшення впливу на навколишнє середовище та підвищення ефективності.



Переваги безхімічної пластини CTP.

Екологічні переваги.

Безхімічні пластини CTP розроблені для мінімізації впливу на навколишнє середовище, пов'язаного з виробництвом і обробкою пластин. Усунувши потребу в хімікатах для обробки пластин, ці пластини значно зменшують хімічні відходи, споживання води та енергії. Традиційні хімічні речовини для обробки пластин можуть бути небезпечними для навколишнього середовища, якщо з ними не поводитись і не утилізувати належним чином. Безхімічні пластини CTP сприяють більш екологічному процесу друку, зменшуючи використання шкідливих хімікатів і мінімізуючи вуглецевий слід.

Спрощений робочий процес.

Однією з ключових переваг безхімічних пластин CTP є спрощений робочий процес, який вони пропонують. Традиційні плити вимагають окремого етапу обробки пластин, що передбачає використання хімікатів, процесорів і додаткового обладнання. Цей процес може бути тривалим і трудомістким. Навпаки, безхімічні пластини CTP усувають потребу в обробці пластин взагалі. Після отримання лазерного зображення пластини готові до використання без будь-яких додаткових кроків. Цей спрощений робочий процес економить час, зменшує витрати на робочу силу та підвищує загальну ефективність процесу друку.

Економія коштів.

Пластини CTP, які не містять хімікатів, можуть значно заощадити кошти для поліграфічних підприємств. Усунення хімічних речовин для обробки пластин усуває потребу в закупівлі, зберіганні та утилізації хімікатів. Це зменшує відповідні витрати та потенційні ризики роботи з небезпечними хімікатами. Крім того, спрощений робочий процес безхімічних пластин CTP економить час і працю, що призводить до економії коштів.

За допомогою меншої кількості кроків і обладнання друкарні можуть оптимізувати свої ресурси та розподілити їх на інші сфери виробництва.

Високоякісні відбитки.

Пластини СТР, що не містять хімікатів, забезпечують чудову якість і стабільність зображення. Процес лазерного формування зображень, який використовується в цих пластинах, забезпечує точне та точне відтворення зображення. Цифрові зображення переносяться безпосередньо на пластини, що призводить до чітких і яскравих відбитків. Усунення хімічної обробки також зменшує ризик погіршення зображення або невідповідності, які можуть виникнути під час традиційної обробки пластин. Безхімічні пластини СТР забезпечують надійні та стабільні результати, відповідаючи високим стандартам якості, що пред'являються в різних галузях промисловості.

Універсальність і гнучкість.

Пластини СТР, які не містять хімікатів, сумісні з різними типами друку та різними субстратами. Їх можна використовувати для широкого спектра потреб друку, включаючи комерційний друк, пакування, етикетки тощо. Ці пластини пропонують універсальність з погляду сумісності з чорнилом, дозволяючи використовувати різні типи чорнила, наприклад УФ-чорнило, чорнило на водній основі або на основі розчинника. Ця гнучкість дозволяє поліграфічним підприємствам задовольняти різноманітні вимоги клієнтів і розширювати свої пропозиції послуг.

Довговічність.

Пластини СТР без хімікатів відомі своєю міцністю та довговічністю. Світлочутливий шар на цих пластинах розроблений таким чином, щоб витримувати суворий процес друку, включаючи багаторазове використання та очищення. Така довговічність гарантує, що пластини можна використовувати для значної кількості відбитків, перш ніж знадобиться заміна. Довговічність безхімічних пластин СТР знижує витрати на пластини та мінімізує час простою для заміни пластин, що сприяє підвищенню продуктивності та прибутковості.

Порівняльна характеристика технологій виготовлення друкарських форм.

Вибір технології виготовлення друкарських форм прямо впливає на кількість хімічних відходів, що потребують утилізації.

Технологія	Витратні матеріали	Екологічний вплив	Можливість рециклінгу
Традиційна PS	Плівка, проявник, лужний розчин	Високий (токсичні стоки, срібло)	Тільки пластина після очищення
Thermal СТР	Лазерне випромінювання, низькохімічні проявники	Середній (зменшена кількість хімії)	Повна (100 % алюміній)
Process-free СТР	Відсутні (проявлення на машині)	Мінімальний (нуль стоків)	Максимальна зручність та чистота

Перехід на безхімічні (process-free) пластини стає індустріальним стандартом, оскільки це усуває цілу ланку очисних споруд у друкарні та спрощує збір алюмінію для переробки.

В Україні підприємці можуть отримувати дохід від здачі використаних пластин таким компаніям, як «Центр управління відходами» (ЦУВ), які спеціалізуються на ручному розбиранні та сортуванні металів для подальшого плавлення.

Рециклінг в поліграфії

Рециклінг – процес повернення відходів, зливів та викидів у процес техногенезу. Можливі два варіанти рециклінгу (рециклізації) відходів: повторне використання відходів за тим же призначенням, наприклад скляних пляшок після їх відповідної безпечної обробки та маркування (етикетування); повернення відходів після відповідної обробки

та виробничий цикл, наприклад бляшаних банок – у виробництво сталі, макулатури – у виробництво паперу чи картону. Для сукупності відходів та зливів операцію рециклінгу називають рекуперацією, для зливів, порошкових та пастоподібних відходів – регенерацією, для зливів та викидів – рециркуляцією.

Наприклад, рециклінг металевих відходів та паперу є більш складним. На першому етапі матеріали збирають, сортують та піддають обробці за категоріями, опісля чого вони готові до повторного використання. На другому етапі протікає процес переробки матеріалів до стану сировини та створення із неї нових продуктів. Третій етап процесу закінчується випуском продукції та купівля її кінцевим споживачем.

Переробка актуальна для тих відходів, яких не вдається уникнути навіть при максимальній оптимізації виробництва. Хоча в будь-якій ситуації більш переважно запобігання утворенню відходів, переробка залишається одним з найважливіших інструментів для запобігання потрапляння відходів у навколишнє середовище.

Вторинна сировина.

Сучасна друкарня – це не лише запах свіжої фарби та шум верстатів, а й значна кількість специфічних відходів. В епоху свідомого споживання та сталого розвитку, те, що раніше вважалося сміттям, сьогодні стає цінним ресурсом. Правильне поводження з **вторинною сировиною** дозволяє типографіям не лише зменшити екологічний слід, а й отримати додатковий прибуток.

Офсетні друкарні виробляють безліч різних відходів, потенційно придатних до переробки. Основна маса відходів - паперові: обріз, бракована продукція, паперовий зрив, залишки ролей. Подібні відходи можуть застосовуватися для виробництва міцного високоякісного паперу з вторинними волокнами.

Також можлива переробка відходів гофрокартону, офісного паперу, алюмінієвих друкованих форм, тари від фарб і хімікатів. Досить складно знайти попит на паперові гільзи від рулонів і сталеві банки із-під фарби. Паперові гільзи виготовляються з коротких вторинних волокон і містять велику кількість клеїв, а крім того, вони зазвичай забруднені друкарською фарбою.

У процесі друкування та післядрукарської обробки утворюється кілька категорій матеріалів, які підлягають перероблюванню:

- Обрізки паперу та картону після гільйотинної різки.
- Браковані тиражі та макулатурні аркуші, що використовуються для приладки друкування, фальцювання, оброблювання та інших процесів.
- Картонні втулки (гільзи) від ролей паперу.
- Залишки плівки для ламінування.
- Стретч-плівка, якою упаковують палети з папером.
- ПЕТ-стрічки для обв'язки вантажів.
- Алюмінієві пластини: Використані форми для офсетного друку є однією з найдорожчих категорій вторинної сировини завдяки високій якості сплаву.
- Порожні пластикові та металеві каністри з-під фарби та розчинників.
- Відпрацьовані ганчірки (дрантя), забруднені мастилами та фарбою (потребують спеціальної утилізації).

Чому переробка – це вигідно?

Впровадження системи збору вторинної сировини дає типографії кілька вагомих переваг.

В першу чергу це прямий дохід. Продаж алюмінієвих форм та високоякісної білої макулатури може покрити частину витрат на логістику або господарські потреби.

По друге це економія на вивозі сміття. Чим більше відходів іде на переробку, тим менше потрібно платити за вивіз ТПВ (твердих побутових відходів) на полігони.

Також важливу роль відіграє репутація та еко-брендінг. Сьогодні замовники (особливо міжнародні компанії) віддають перевагу підрядникам, які мають сертифікати екологічного менеджменту (наприклад, ISO 14001) та піклуються про довкілля.

Як організують процес збору у типографіях?

Для ефективного управління відходами в основному достатньо дотримуватися простого алгоритму:

1. Сортування біля джерела. Розміщення підписаних контейнерів безпосередньо в цехах (окремо для білого паперу, кольорового картону, плівки та металу).
2. Прес для макулатури. Придбання гідравлічного преса дозволяє зменшити об'єм паперових відходів у 5–10 разів, що значно здешевлює логістику та дозволяє здавати сировину за вищою ціною (пресовані тюки цінуються вище).
3. Надійний партнер. Укладання договору з компанією-заготівельником, яка має ліцензію та забезпечує регулярне вивезення сировини.

Екологічний аспект.

Використання вторинної сировини з типографій дозволяє суттєво зберегти природні ресурси. Наприклад, 1 тонна макулатури рятує від вирубки близько 17 дерев; переробка алюмінію потребує лише 5 % енергії, необхідної для видобутку нового металу з руди.

Важливо: Не всі відходи типографії можна здати як звичайне сміття. Хімічні речовини та забруднене ганчір'я мають передаватися спеціалізованим підприємствам на утилізацію, щоб уникнути штрафів та шкоди довкіллю.

Вторинна сировина в поліграфії – це не просто залишки виробництва, а можливість зробити бізнес більш сучасним, відповідальним та економічно ефективним.

Питання для самостійного опрацювання

1. Які основні категорії відходів типографії підлягають повторному перероблюванню?
2. Яка категорія вторинної сировини в офсетному друці вважається однією з найдорожчих і чому?
3. У чому полягають головні екологічні та економічні переваги використання безхімічних пластин СТР?
4. Як впровадження системи збору вторинної сировини допомагає типографії зменшити витрати?
5. Який алгоритм дій рекомендується для організації ефективного процесу збору відходів безпосередньо у типографії?
6. Для чого друкарням рекомендується використовувати гідравлічний прес для макулатури?
7. У чому полягає різниця між поняттями «рекуперація», «регенерація» та «рециркуляція» в контексті рециклінгу?
8. Які технологічні процеси використовуються в установках оборотного водопостачання для очищення промислових стоків?
9. Які відходи типографії заборонено здавати як звичайне сміття і як з ними слід поводитися?

Тема 3.3. Використання екологічно чистих матеріалів

З екологічним аспектом поліграфічне виробництво зіткнулося не вчора – у всьому світі компанії намагаються дотримуватися вимог до охорони навколишнього середовища з утилізації хімічних відходів і викидів в атмосферу летючих органічних сполук. Однак безліч «зелених» досягнень у поліграфічній галузі – це на даному етапі швидше питання майбутнього.

Зволожувальні розчини.

Успішне застосування офсетної технології з використанням зволожувальних розчинів, або без них висуває високі вимоги до друкаря. Він повинен бути не тільки досвідченим робочим, а й володіти знаннями в галузі хімії.

Технологія «мокрого» офсетного друку без спирту важлива не лише для друкарень, але й для сильнішого та прибутковішого бізнесу. Оптимізація автоматичної системи офсетного друку для екологічно чистих компонентів зволоження за допомогою процедур вільного спирту та фільтрації є ще однією віхою в екологічному підході класичної офсетної технології.

Офсетний друк, який також називають «мокрим» офсетом, використовує зволожувальний розчин для утримання недрукованих елементів у гідрофільному стані на поверхні офсетної друкарської форми. Тому зволожувальний розчин є частиною цього процесу. Зазвичай він складається з води та приблизно 8–10 % ізопропілового спирту як поверхнево-активної речовини для покращення змочування. Однак, цей процес має свої проблеми, такі як негативний вплив на навколишнє середовище, небезпека для здоров'я, складні друкарські операції, а також дотримання норм щодо стічних вод та хімікатів. Ізопропіловий спирт, який використовується у водному розчині в офсетному друці, має негативний вплив, оскільки частина його випаровується, утворюючи леткі органічні сполуки, що забруднюють робоче середовище, а також токсичні та легкозаймисті. Вимірний за об'ємом, ізопропіловий спирт є найбільш значним забруднювачем повітря в офсетних друкарнях. У загальних умовах економії на екології існують альтернативні способи зменшення або навіть повного усунення використання ізопропілового спирту, зниження витрат та ризиків для здоров'я та безпеки навколишнього середовища.

Ізопропіловий спирт (IPA) виконує низку ключових функцій в офсетному друці. Він зменшує поверхневий натяг зволожувального розчину, забезпечує ефективніше змочування валиків і друкарської форми, а також стабілізує баланс фарби та води.

І все ж, відмовившись від алкоголю, ви можете не лише заощадити кошти та уникнути проблем із доставленням, але й захистити навколишнє середовище, покращити клімат у друкарні та зменшити свій вуглецевий слід.

Фірма HEIDELBERG спрощує перехід на друк зі зниженим вмістом алкоголю / без алкоголю за допомогою спеціального пакета послуг IPA.

Пакет IPA включає:

- Оптимізоване машинне обладнання з CombiStar Pro CAN зі централізованим джерелом зволоженого розчину.
- Спеціальні ролики з водяним піддоном LotoTec рівномірно розподіляють достатню кількість зволожувального розчину по друкарській формі та забезпечують хороший баланс фарби та води.
- Використання правильної добавки до зволожувального розчину Saphira: Широкий спектр добавок до зволожувального розчину тестувався протягом кількох років та оптимізувався для безпроблемного використання в щоденній роботі.
- Удосконалена вимірвальна технологія для оптимального дозування.
- Додаткова система Alcosmart для точного та надійного вимірювання вмісту алкоголю, зокрема для низьких концентрацій IPA (для плашкових кольорів та неабсорбуючих матеріалів).

Екологічні фарби.

Фарби для друку – найважливіші витратні матеріали для поліграфії. Фарби класифікуються від своєї хімічної основи та призначення.

Існують такі типи фарб:

- Загального призначення, що застосовуються для аркушевого друку.
- Фарби, призначені для нанесення на металеву поверхню.
- Ротаційні фарби.
- Харчові фарби.
- Ультрафіолетові фарби тощо.



Постачаються фарби найчастіше в жерстяних ємкостях, при утилізації яких можуть виникати проблеми. Офсетні фарби виготовляються на основі масел, що дозволяють їм відштовхувати зволожуювальний розчин від друкарських елементів зберігаючи зображення на формі.

Спочатку офсетні фарби виготовлялися на основі нафтопродуктів, але виробники, постійно вдосконалюючись, випускають все більше і більше фарб, в яких замість мінеральних масел використовуються рослинні, наприклад, соєва або ріпакова. Масляна основа, також звана транспортною основою або речовиною, що зв'язує, служить для перенесення і зв'язування пігментів фарб з запечатуваним матеріалом. До середини 1970-х років пігменти виготовлялися виключно на основі неорганічних речовин, як правило, солей металів. Ці метали найчастіше були представлені в кількостях, що перевищують всі допустимі рівні, роблячи відходи фарб, та й саму поліграфічну продукцію небезпечними.

Це призвело до того, що влада деяких штатів США знизили дозволена концентрацію солей металів в офсетних фарбах. Виробники відповіли розробкою органічних замінників, багато з яких допускалися до використання в значних обсягах, на відміну від металевих компонентів.

Однак деякі нові пігменти є похідними бензолу, і іноді містять метали. Залежно від металу і кількості відходів фарб, найчастіше відбувається перевищення обсягів гранично допустимих викидів, переводячи таким чином відпрацьовані фарби в категорію небезпечних відходів. Інші компоненти фарб включають розчинники, лаки і сикативи різних типів. Ці добавки використовуються для зміни в'язкості фарб, уникнення флокуляції пігментів і швидшого закріплення.

Фарби – один з найбільш важливих факторів, що впливають на процес екологізації виробництва. Виділяють такі технологічні способи, що дозволяють зменшити обсяг відходів, друкарської фарби:

- герметизація контейнерів з фарбою, маркування залишкової кількості в частково використаних ємкостях;
- зниження необхідної кількості змивів секцій в ході експлуатації за допомогою використання різних друкованих машин під конкретні кольори і типи фарб і планування змінного графіка від робіт із світлішими тонами до темніших;
- сортування відходів фарб за кольорами для підвищення ефективності їх повторної переробки (зазвичай різні пігменти мають різну хімічну природу);
- вірне планування складського господарства щодо фарб: першочергове використання контейнерів з найбільш ранньою датою виготовлення;
- установка мішалок і датчиків рівня на ємкості з фарбою для запобігання її передчасного окислення;

- повторна переробка відходів фарби на самому підприємстві або через спеціалізовані компанії;
- використання комп'ютеризованих станцій змішування, що дозволяють отримати будь-який необхідний колір з наявних на складі базових фарб і зменшують необхідність придбання кожного конкретного кольору, дозволяючи ефективно використовувати склад;
- придбання фарб і сикативів роздільно, здійснення їх змішування безпосередньо перед використанням;
- використання спрею-антиоксиданту для запобігання утворення плівки на поверхні фарби при зберіганні.

Екофарби УФ-затвердження.

Екологічно чисті УФ-друкарські фарби, особливо ті, що затверджуються за допомогою світлодіодів, забезпечують високий рівень екологічності завдяки низькому викиду летких органічних сполук, миттєвому затвердінню та зниженому споживанню енергії. До провідних сертифікованих варіантів належать: Чорнила Mimaki GREENGUARD Gold (LUS-120, LUS-150, LUS-170, LUS-200), УФ-чорнила Fujifilm Uvijet та чорнила EFI GREENGUARD, сертифіковані як чорнила. Ці чорнила часто відповідають суворим екологічним стандартам для використання в приміщеннях, медичних та навчальних закладах.

Сертифіковані та екологічно чисті варіанти УФ-чорнил.

GREENGUARD Gold: Підтверджує низький рівень викидів хімічних речовин (ЛОС) для безпечного використання в приміщенні.

Технологія LED-UV: Значно зменшує споживання енергії (до 5 разів менше, ніж розчинник) та тепло, без утворення озону.

Mimaki (LUS-120/150/170/200/LH-100/LU-125) : Широко визнаний за отримання цієї сертифікації.

УФ-чорнила Fujifilm Uvijet: високопродуктивні чорнила з низьким запахом.

Zeller+Gmelin UVACURID C81: Сертифіковано для використання на компостованих пластиках.

Екологічні переваги УФ-чорнила.



Відсутність летких органічних сполук: На відміну від сольвентних чорнил, УФ-чорнила практично не виділяють летких органічних сполук.

Енергоефективність: Миттєве затвердіння за допомогою УФ-світлодіодних ламп вимагає менше енергії та не потребує сушильних печей.

Зменшення кількості відходів: Швидше виробництво та, в деяких випадках, покращене видалення фарби для переробки.

Хоча багато УФ-чорнил є екологічно чистими, вони можуть не підходити для прямого контакту з харчовими продуктами без спеціальних, подальших та ретельних випробувань третьою стороною.

Фарби УФ-затвердження чудово протистоять стиранню і дозволяють створювати довгоживучі якісні продукти, затребувані клієнтами компанії. Оскільки фарби не полімеризуються, поки не піддадуться УФ-випромінюванню, вони можуть залишатися в кіпсейці друкарської машини на всю ніч без утворення плівки. При цьому змивка машини не складніше, ніж при використанні звичайних фарб на основі нафтопродуктів. Крім розчинників, що містяться в засобах для очищення машини, ніяких інших джерел летючих вуглеводнів в УФ-технології немає.

Зміна типу використовуваних фарб може знизити утворення небезпечних відходів. Багато друкарень з успіхом перейшли з фарб на основі нафтопродуктів на фарби, ультрафіолетовим випромінюванням. Використання альтернативних типів фарб дозволяє знизити як загальний обсяг відходів, так і їх питому токсичність.

«Зелені» замітники традиційних фарб.

Що таке чорнило на рослинній основі? По-перше, нам потрібно зрозуміти склад більшості чорнил. Чорнила потребують барвників (тобто пігментів або барвників), добавок, що допомагають покращити продуктивність друку, та носія або середовища-носія для інших елементів. Носій може бути на основі води, розчинника або олії. Ранні чорнила отримували з натуральних рослинних джерел. На початку 1970-х років запаси рослинних олій були обмеженими, тому виробники використовували нафтопродукти. Сьогодні синтетичні продукти перевершили рослинні альтернативи, але екологічно свідомі виробники та споживачі змінюють ситуацію.

Поширеними оліями, що використовуються в чорнилах на рослинній основі, є соєва, лляна, канолова та сафлорова. Соєва та лляна олія є двома найпоширенішими. Кожен тип олії має свої переваги; наприклад, соєва олія відносно прозора, тому вона може забезпечити більш яскраві кольори, ніж олії на нафтовій основі. У чорнилах на рослинній основі часто використовується суміш олій для максимізації якості та мінімізації часу висихання.

Що таке леткі органічні сполуки (ЛОС)?

ЛОС – це сполуки вуглецю, за винятком чадного газу, вуглекислого газу, вугільної кислоти, карбідів металів або карбонатів і карбонату амонію, які беруть участь у фотохімічних реакціях атмосфери. Простіше кажучи, вони можуть випаровуватися за нормальних температур повітря в приміщенні, а їхній парниковий ефект сприяє глобальному потеплінню. Європейська комісія повідомляє, що офсетний друк щороку споживає близько трьох мільйонів тонн чорнил та хімікатів на основі вуглеводнів. Ці чорнила та хімікати виділяють ЛОС, які можуть сприяти глобальному потеплінню та бути шкідливими для здоров'я друкарів, якщо з ними не поводитися належним чином.

Які чорнила мають вищий рівень летких органічних сполук?

Коли чорнила на нафтовій основі висихають, вони виділяють леткі органічні сполуки (ЛОС). Додаткові ЛОС можуть виділятися під час миття друкарських машин між тиражами друку. Чорнила на нафтовій основі потребують більш агресивних розчинників, і виділяється більше ЛОС. Чорнила на рослинній основі можна очистити з обладнання, використовуючи меншу кількість води та розчинника.

Як рослинні чорнила порівнюються з чорнилами на нафтовій основі?

Сталий розвиток, переробка та довкілля.

Очевидно, що нафта є невідновлюваним ресурсом, тоді як рослини, що використовуються для виробництва рослинних чорнил, швидко ростуть та відновлювані. Олійні рослини можна широко культивувати, а олії легко видобувати та очищувати. Крім того, чорнила без летких органічних сполук усувають викиди парникових газів. Зрештою, чорнила на рослинній основі легше видалити під час процесу видалення фарби під час переробки, ніж чорнила на нафтовій основі.

Здоров'я.

Як відомо, леткі органічні сполуки (ЛОС) можуть бути шкідливими для якості повітря в приміщенні та здоров'я. Американська асоціація легень повідомляє, що деякі ЛОС шкідливі самі по собі, а деякі реагують з іншими газами та утворюють інші забруднювачі

повітря після потрапляння в повітря. Чорнила на рослинній основі є кращими для упаковки харчових продуктів або будь-чого, що може контактувати з їжею.

Якість.

Нещодавнє дослідження, опубліковане в журналі "Journal of Applied Biomaterials and Functional Materials", перевіряло якість чорнил на рослинній основі та чорнил на нафтовій основі, що використовуються для офсетного друку. Було виявлено, що чорнила на основі лляної та соєвої олії забезпечують найвище значення яскравості, а рослинні чорнила, що містять лляну олію, мають більший блиск на всіх типах паперу, ніж чорнила на основі мінеральної олії. У той час, як чорнила на основі мінеральної олії менше змінюють колір на крейдованому папері, чорнила на основі рослинної олії змінюються менше на некрейдованому папері. Дослідження також показало, що змішування рослинних олій може призвести до бажаних результатів друку. Автори статті рекомендували замінити чорнила на рослинній основі чорнилами на основі мінеральної олії, отриманими з нафти, які мають кращу якість.

Цікаво: Японський виробник друкарських фарб MojoPrint використовує друкарські фарби на основі рослинних олій. Станом на 2010 рік, 70 % друкарських фарб, що використовувалися в Японії, справді були на основі соєвої олії, і використання логотипу «Надруковано соєвими чорнилами» було широко поширеним. Однак, оскільки цей логотип / печатку планують скасувати, а також через нестабільну ринкову ціну на сою та потребу в альтернативній сировині, Японська асоціація виробників друкарських фарб запровадила чорнила на рослинній олії як альтернативну екологічно чисту друкарську фарбу.



Перероблені рослинні олії вважаються більш життєздатною та екологічною сировиною для виробництва чорнил, ніж чорнила на 100 % соєвій основі, і їх отримують з переробленої соєвої олії, олії рисових висівок, лляної олії, олії деревини павловнії, кокосової олії та пальмової олії. Оскільки ці нові чорнила замінюють соєві чорнила в усій галузі, ми тепер також зобов'язані використовувати новий логотип «Чорнила на основі рослинної олії».

Застосування ЕЛ фарб.

Застосування ЕЛ фарб (ESH – Elektronenstrahlhärtung), що висихають під впливом електронного випромінювання, дозволяє відмовитися від фотоініціаторів, оскільки випромінювання діє прямо на зв'язуючу речовину. Велика товщина фарбових шарів сприяє утворенню полімерної сітки, оскільки електронне випромінювання проникає глибоко в них, а вплив пігментів на висихання невеликий.



Електронно-висихаючі фарби складаються з полімерів з низькою молекулярною вагою, здатних реагувати в потоці електронів, виробленим вакуумним випромінювачем з лінійним катодом, здатним створювати напругу в кілька сотень кіловольт. Під дією електронів відбувається реакція полімеризації, в результаті якої фарба застигає. Подібний процес

відбувається при закріпленні УФ-фарб, які реагують під випромінюванням ультрафіолетового спектра. Обидва види фарб не застигають до впливу опромінення відповідного спектру. Таким чином, ці фарби можуть залишатися в кепсейці між змінами без утворення плівки. Це зменшує витрати робочого часу на щоденну змивку машин та утворення відходів фарби. Також УФ- і електронні фарби не випаровують леткі органічні компоненти, тому

що не містять розчинників і усувають проблему відмарювання, дозволяючи друкувати на швидкості до 914 метрів на хвилину. Ці фарби коштують приблизно в 2 рази дорожче традиційних. До інших недоліків відноситься висока вартість обладнання і схильність працівників до рентгенівського опромінення.

PUR-клей і ЕКО.

Чому технологію на основі поліуретанового клею прийнято називати екологічною? Тому що PUR-біндери дозволяють мінімізувати відходи і викиди в атмосферу, виключивши випаровування клею.

Поліуретановий клей дозволяє поставити клейове безшвейне скріплення на один рівень з шиттям блоку по міцності і розкриттю. При цьому вартість PUR-склеювання істотно нижча. В цілому, використання PUR-біндера відкриває двері новим можливостям, а саме:

- ✓ скріплення блоків під тверду обкладинку: виготовлення книг без ниток здешевлює виріб на 20–30 %;
- ✓ скріплення обкладинки з двостороннім ламінуванням;
- ✓ скріплення обкладинки з двостороннім УФ-лаком;
- ✓ робота з мелованими, офсетними, матовими, глянцевими паперами від 45 до 350 г/м²;
- ✓ скріплення декількох обкладинок різної довжини і різної щільності;
- ✓ скріплення блоку товщиною до 5 см (книги, брошури, каталоги, телефонні довідники з високим навантаженням, що піддаються різким коливанням температури);
- ✓ скріплення блоку з різними вставками (картонними, ламінованими або лакованими);
- ✓ виробництво книг, журналів, каталогів – до формату А3;
- ✓ переналагодження на наступний тираж – до 10 хв;
- ✓ тиражі від 1 штуки до великих.

Причин для переходу зі звичайного ЕВА термклею на PUR багато, але головні – чудова адгезія і плоский вид книги у відкритому вигляді.

Питання для самостійного опрацювання

1. Які основні вимоги до охорони навколишнього середовища змушені виконувати поліграфічні компанії у всьому світі?
2. У чому полягає складність та важливість переходу на офсетний друк без використання ізопропілового спирту?
3. Які переваги мають фарби на рослинній основі порівняно з традиційними фарбами на основі нафтопродуктів?
4. Завдяки чому використання соєвих фарб полегшує процес вторинної переробки паперу?
5. Які основні екологічні та експлуатаційні переваги використання УФ-фарб у поліграфії?
6. Чому електронно-променево закріплення фарб вважається одним з найбезпечніших для пакування харчових продуктів?
7. Які недоліки мають фарби, що закріплюються під дією електронного випромінювання, порівняно з традиційними?
8. Чому технологію на основі поліуретанового клею (PUR) прийнято називати екологічною?
9. Які економічні та технічні переваги надає використання PUR-біндерів при виготовленні книг та брошур?

Розділ 4

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАЙБУТНЄ ПОЛІГРАФІЇ

Тема 4.1. Друк на альтернативних видах паперу

За останні кілька десятиліть целюлозно-паперова промисловість здійснила величезний прогрес у відношенні екологічності виробництва. Спостерігаються значні поліпшення з точки зору викидів в атмосферу і воду від спалювання палива з метою отримання тепла та електроенергії для виробничих цілей, а також забруднення води від промислових стоків. Також спостерігається зростання вторинного використання паперу, що не дивно, якщо врахувати, що це взагалі найбільш повторно використовуваний продукт (в цілому паперове волокно може бути використано до 10 разів). Відновлене волокно використовується в основному для газет і пакувальних паперів.

Сучасний екологічно чистий папір базується на принципах сталого використання ресурсів та мінімізації карбонового сліду. Розвиток екоосвідомості стимулював появу нових типів паперової продукції, що відрізняються інноваційним підходом як до джерел волокна, так і до циклу промислової обробки. Кожен із цих матеріалів має свої фізичні особливості, які впливають на те, як лягає фарба та як виглядає кінцевий результат.

Бамбуковий папір.



Бамбук – це трава, яка росте надзвичайно швидко. Папір з нього дуже м'який на дотик, часто має легкий кремовий відтінок і високу капілярність. Бамбук – це трава, яка може вирости на метр на день. Швидке зростання дозволяє деяким видам бамбука досягати зрілості за три роки; для порівняння, лісам може знадобитися століття, щоб відрости після вирубки. Зрілі врожаї бамбука можна збирати щорічно, і оскільки це трава, бамбукові пні дають нові пагони, що усуває необхідність пересаджування. За оцінками, 25 000 акрів бамбука можуть забезпечити

печити 1 000 000 тонн сирого волокна на рік.

Переваги: Бамбук є стійким ресурсом, швидко росте та завдає мінімальної шкоди навколишньому середовищу. Бамбуковий папір зазвичай має вищі антибактеріальні властивості, ніж папір на основі дерева.

Недоліки: Процес виробництва бамбукового паперу все ще вимагає певної енергії, а бамбукові волокна можуть зробити папір відносно грубим.

Особливості друку: Він дуже приємний для тактильного сприйняття («soft touch» ефект без ламінації).



Струменевий друк: Фотографи та художники обожають бамбук за глибину чорного кольору та м'якість переходів.

Глибокий друк: Дозволяє передати найдрібніші деталі ілюстрацій.

Застосування: Арт-буки, весільна поліграфія, преміальні блокноти.

Папір із соломи (пшеничної, рисової).

Солом'яний папір має характерний теплий відтінок і легку текстурність. Він зазвичай менш щільний, ніж деревний. Папір із соломи виготовляється шляхом переробки волокон соломи в целюлозу, а потім її виготовлення в папір. Солома є побічним продуктом сільськогосподарства, і використання її для виробництва паперу дозволяє ефективно утилізувати сільськогосподарські відходи.

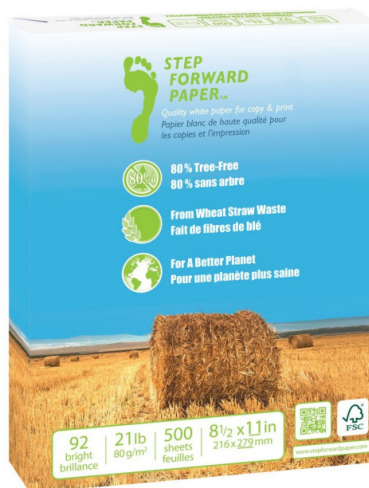
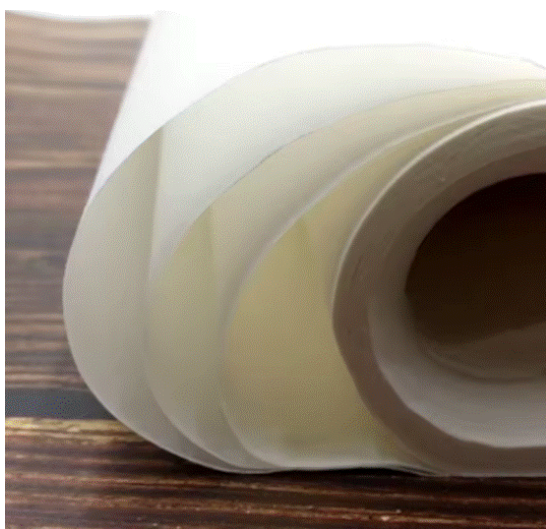
Переваги: Солома є відновлюваним ресурсом, і її використання у виробництві паперу створює менший вплив на навколишнє середовище. Крім того, папір з рисової соломки довговічний і має хорошу міцність.

Недоліки: Потребує обережності з дрібними деталями, оскільки волокна соломи можуть бути грубшими за деревні. Процес виробництва паперу з соломи може бути складнішим і вимагає спеціальних технологій обробки. На доступність соломи можуть впливати кліматичні умови.

Особливості друку: Через високу пористість фарба може вбиратися сильніше, що робить кольори трохи приглушеними.

Офсетний друк: Добре підходить для великих тиражів книг або газет.

Високий друк: Текстура соломи гарно підкреслює рельєф відбитків.



Соевий папір.

Соевий папір (маменорі) – це тонкі їстівні листи, виготовлені із соєвої маси (пінки, борошна, олії) та крохмалю, що використовуються як кольорова та еластична альтернатива норі для ролів, суші, десертів та закусок. Має нейтральний смак, не потребує зволоження, не кришиться і буває різних кольорів (рожевий, зелений, помаранчевий). Соевий папір виготовляється із залишків соєвих бобів (наприклад, соєвого шроту). Соеві боби є основною сільськогосподарською культурою, і їх побічні продукти можуть бути ефективно перетворені на цінні ресурси для виробництва паперу.

Переваги: Соевий папір має унікальну текстуру та сильні екологічні властивості. Його виробництво сприяє зменшенню відходів сільськогосподарства.

Недоліки: Соевий папір є відносно дорогим, і процес виробництва може вимагати вищих технічних вимог.



Рапсовий папір (ріпаковий папір).

Рапсовий папір виготовляється з відходів виробництва ріпаку, особливо побічних продуктів ріпакової олії. Залишки насіння каноли містять багаті волокна, що робить їх придатними для виробництва паперу.

Переваги: допомагає переробляти сільськогосподарські відходи та зменшує навантаження на навколишнє середовище, забезпечуючи при цьому якість паперу.

Недоліки: Виробництво паперу каноли може бути відносно складним, а на постачання каноли може впливати клімат.



Кам'яний папір.

Кам'яний папір, також відомий як мінеральний або кам'яний папір, виготовляється з природних мінералів (таких як карбонат кальцію) і смол замість деревних волокон. Він не залежить від водних і деревних ресурсів і потребує відносно мало енергії під час виробництва. Це найбільш технологічний варіант. Він складається приблизно на 80 % з карбонату кальцію (вапняку) та на 20 % з біопластику (HDPE) як сполучної речовини. У ньому взагалі немає деревини та води.

Сполучний компонент – нетоксична синтетична смола – може складати до 20 % паперу. Разом ці мінерали утворюють білосніжний, міцний та екологічний матеріал для виготовлення блокнотів.

Переваги: Кам'яний папір дуже водостійкий, стійкий до розривів і може виготовлятися без деревини. Це також дозволяє уникнути великого споживання води при традиційному виробництві паперу.

Недоліки: Виробництво натурального паперу все ще залежить від певних хімічних добавок (наприклад, смол), і воно може бути дорожчим за традиційний папір.

Особливості друку: Він абсолютно водонепроникний і його майже неможливо порвати руками. Поверхня надзвичайно гладка.

Офсетний друк (з використанням спеціальних фарб): Звичайні офсетні фарби можуть довго сохнути, тому використовують фарби, що тверднуть під УФ-випромінюванням.

Флексографія: Ідеально для етикеток, які будуть контактувати з водою або жиром.

Важливо: Кам'яний папір не можна використовувати в лазерних принтерах (від високої температури він просто розплавиться).

Папір з рослинного волокна.

Цей тип паперу виготовляється з різних рослинних волокон, таких як коноплі, шовковиця, льон або трава. Папір з рослинних волокон зазвичай більш міцний і екологічно чистий, ніж традиційний папір з деревної целюлози.

Переваги: Існує багато видів рослинних волокон, які швидко ростуть і зменшують залежність від лісів. Папір, виготовлений з рослинних волокон, зазвичай має високу якість, хорошу повітропроникність і довговічність.

Недоліки: Процес виробництва паперу з рослинного волокна може бути складнішим, а вартість зазвичай вищою.



Сучасні українські новатори.

Компанія «Паперія» єдина в Україні виготовляє папір, з якого проростають овочі та квіти. Підприємець з Броварів створив єдину в Україні компанію, яка виробляє папір, що розкладається усього за 2 тижні. І не просто розкладається, з нього виростають квіти, зелень та овочі.

Ось рекламний пост компанії:

ЕКОЛОГІЯ

**Зроби свій бізнес свідомим.
Відмовся від ламінованого картону
на користь квітучого паперу!**

Кожен квітучий аркуш вироблений з відходів паперу кількох фабрик, до складу якого ми додаємо насіння різних рослин.

Ви не використовуєте ламінований картон – тим самим не шкодите планеті.

Завдяки вам у світі стане більше рослин, які посадять ваші замовники.

Через вас не вирубують нові дерева, адже цей папір перероблений з обрізків вже використаного паперу.



Папір з-під ніг: як опале листя стає екологічною упаковкою.

Кожного року міста витрачають величезні ресурси на утилізацію опалого листя, яке часто просто спалюють, забруднюючи повітря. Але що, якби ми сказали вам, що цей «сміттєвий» ресурс – майбутнє паперової індустрії? Завдяки українському винахіднику Валентину Фречці та його стартапу Releaf Paper, опале листя перетворюється на стильні еко-пакети.

Папір з опалого листя.

Папір з опалого листя – це інноваційний екологічний продукт, розроблений українським стартапом Releaf Paper під керівництвом Валентина Фречки, який перетворює опале листя на целюлозу для виробництва паперу та екологічної упаковки. Технологія дозволяє уникнути вирубки лісів, знизити викиди CO₂ та використовувати міські відходи, створюючи папір із низькою собівартістю, придатний для пакетів, лотків для яєць та іншої тари. Завод компанії, що працює за цією технологією, вже відкрито у Парижі.



Технологічний цикл: від скверу до паперової фабрики.

Процес створення листяного паперу кардинально відрізняється від традиційного деревообробного виробництва. Ось як виглядає цей шлях:

1. Збір та підготовка.

Міські служби збирають листя в парках та скверах. Замість того щоб гнити на звалищах, сировина проходить очищення та гранулюється. Це дозволяє зберігати «листяний запас» цілий рік і легко транспортувати його на виробництво.

2. «Легідне» варіння.

Це серце інновації. Листя подрібнюють і варять у величезних чанах. На відміну від виробництва паперу з деревини, тут використовується температура лише до 40°C. Низька температура запобігає виділенню шкідливих хімічних сполук (наприклад, сірки), що робить процес безпечним для довкілля та енергоефективним.

3. Формування полотна.

Отримана волокниста маса потрапляє на конвеєр. Тут вона проходить через систему пресів та роликів, які видаляють зайву вологу. Масу розтягують і висушують, поки вона не перетвориться на щільний, гладкий рулон паперу природного крафтового відтінку.

4. Готова продукція.

З готового матеріалу виготовляють пакети, коробки для взуття, конверти та іншу упаковку. Сьогодні ці вироби вже обирають провідні європейські бренди, що прагнуть зменшити свій «вуглецевий слід».

Чому це перемога для планети?

Технологія Releaf Paper вирішує одразу кілька глобальних проблем:

Збереження лісів: 1 тонна листяного паперу рятує від вирубки 17 дерев.

Економія ресурсів: Процес потребує значно менше води та енергії порівняно з класичним целюлозним заводом.

Циркулярна економіка: Відходи міста стають сировиною для товарів, які потім знову можна переробити.

Від шкільного проєкту до заводу в Парижі.

Історія проєкту схожа на сценарій фільму. Валентин Фречка розробив цю технологію ще будучи школярем на Закарпатті. Сьогодні ж це міжнародний бізнес, який отримав визнання на найвищому рівні. Грант від Європейської комісії на розвиток екотехнологій.

Також Валентин став фіналістом престижної **Премії молодих винахідників ЄС**. У листопаді 2024 року в Парижі офіційно відкрили перший у світі промисловий завод, що спеціалізується саме на листяному папері.



Біорозкладні Екопакети.

Органік, еко, біо – чи не найпопулярніші сьогодні слова. Вони означають, що продукт натуральний, екологічно чистий, має відношення до органічного життя, безпечний для людини і природи. Наприклад, біопаливо отримують з деревини та водоростей, біошампунь роблять з тваринних жирів і лікарських рослин, біокефір зброджують на живій заквасці з грибків кефірів. Тваринна і рослинна сировина – ця поновлювана вуглецева біосировина, з мономерів якого можна отримувати полімери, придатні для виробництва біопластиків.

Біопластик – це біосировинний полімер. Біосировинний означає, що він виготовляється з рослинної й тваринної сировини, але зовсім не означає, що є також біорозкладним.

Біорозкладний – що піддається біодеструкції впродовж 3–6 місяців (чи трохи довше). Біорозкладність говорить про те, що пластик швидко розкладається природним чином під дією екологічних чинників довкілля. До них відносяться абіотичні (фізичні й хімічні) і біотичні (мікогенні, мікробіогенні) чинники. Біорозкладність також не тотожна біосировинності, тобто біорозкладними можуть бути і синтетичні пластики. Виготовляються з рослинної сировини (кукурудза, картопля), часто з додаванням PLA (полілактиду). Процес включає синтез молочної кислоти, отримання гранул, екструзію плівки та нарізку. Вони повністю компостуються.

Компостований – що швидко розкладається в умовах компосту (є біополімери, що деградують в природному середовищі) і не виділяє при цьому токсинів. Тут за умовчанням мається на увазі аеробне компостування у присутності кисню.

Процес виробництва аналогічний поліетиленовим пакетам:

1. Перший етап – виготовлення з крохмалю гранул. Для цього виявляють молочну кислоту, а з кислоти синтезують полілактид (PLA). PLA і є необхідними гранулами для подальшого виробництва пакетів.
2. Отримані гранули завантажують в екструзійний прес. Там вони нагріваються та перетворюються на в'язку масу.
3. Маса проходить через спеціальні фільтри, а потім продається через відвір для отримання рукава.
4. Рукав роздувається потоком повітря. Так формуються бічні грані для пакетів-майок та інших видів. Також видування повітрям потрібне для регулювання товщини кульки.
5. Заготовки обробляються коронарним зарядом, що посилює зчеплення полімеру з фарбою.
6. За необхідності на пакуванні надаються зображення, емблеми товарні знаки тощо за допомогою флексографічної машини.

З чого ще можна виробляти біорозкладні пакети?

PLA – найбільший пакет, що має попит, виготовлений з сучасних екологічних матеріалів. Протести науковці продовжують шукати далі інші матеріали, які б також розпалися під впливом природних чинників. Так, сировиною для екопакування можуть бути:

Полігідроксіалканоати. Сировина повністю екологічна та безвідходна. Зараз із неї виготовляють ортопедичні імпланти, хірургічні матеріали, але науковці працюють над можливістю використання її масово в комерційних цілях.

Соєвий білок – підходящий матеріал, але технологія ще є не ідеальною, тому не набула широкого поширення.



Питання для самостійного опрацювання

1. Яких головних успіхів досягла целюлозно-паперова промисловість у сфері екологічності за останні десятиліття?
2. Скільки разів у середньому можна повторно використовувати паперове волокно і для яких видів продукції воно найчастіше застосовується?
3. Які фізичні характеристики альтернативних видів паперу необхідно враховувати друкарям при роботі з фарбами?
4. Яку рослинну та тваринну сировину використовують для отримання полімерів?
5. Опишіть перший етап технології Releaf Paper: як саме відбувається очищення та підготовка листа?
6. У чому полягає особливість етапу варіння листяної маси (термомеханічної обробки) і чому він безпечний для довкілля?
7. Як відбувається процес формування паперового полотна на конвеєрі та які вироби виготовляють із готового матеріалу?
8. З яких основних етапів складається процес виробництва біорозкладних пакетів?
9. Що означають популярні сьогодні терміни «органік», «еко» та «біо» стосовно продуктів?
10. Які переваги отримують європейські бренди, обираючи пакування з листяного паперу для своєї продукції?

Тема 4.2. Smart packaging: застосування новітніх технологій у пакуванні

Сьогодні пакування – це не просто обгортка, а поєднання цифровізації та фізичного світу. Інноваційна упаковка перетворила виробництво харчових продуктів на керований даними процес. Вона дозволяє контролювати кожен етап постачання, підвищуючи прибутковість та прозорість бізнесу. Використання інтелектуальних систем пакування допомагає аналізувати ринок, гарантувати якість товарів та значно зменшувати обсяги харчових відходів.

Розумне пакування перетворює звичайну коробку на ефективний інструмент комунікації, роблячи продукт кориснішим і зручнішим. Завдяки технологіям компанії отримують цінні дані про вподобання покупців, а клієнти – новий, персоналізований досвід взаємодії з улюбленим брендом. Це виводить лояльність аудиторії на абсолютно новий рівень.



Розумне пакування може відстежувати стан продукту та повідомляти вас, чи він безпечний. Окрім подовження терміну придатності продукту, певна упаковка допомагає виявляти підроблені товари. В результаті стає доступнішою більш справжня якісна продукція.

Активне пакування харчових продуктів зосереджено на фізичному аспекті пакування продукту. Це ефективний метод збереження та захисту продукту до моменту його потрапляння до споживача. Пакування взаємодіє з продуктами всередині, а кінцевою метою є подовження терміну придатності. Вивільняються сполуки для покращення загального терміну служби пакувальних матеріалів та усунення потенційно шкідливих компонентів.

Деякі популярні приклади:

- Світлофільтрувальні матеріали.
- Поглиначі кисню.
- Антимікробне покриття упаковки.
- Матеріали для контролю вологи.

З іншого боку, інтелектуальне пакування зосереджене на комунікації із зовнішнім світом. Воно знаходить відгук як у споживача, так і у виробника. Ця система додає діагностичні та індикаторні функції.

Інтелектуальне пакування для харчових продуктів містить датчики, які показують стан упакованих продуктів. Потім вона передає інформацію стороні, якій вона потрібна.

Компоненти працюють разом, щоб забезпечити захист та зручність. Наступні компоненти широко використовуються в пакувальній промисловості:

- Індикатори свіжості.
- Індикатор стану герметизації упаковки.
- Індикатори часу та температури.

Розумна та екологічна: чи може упаковка бути одночасно і тим, і іншим?

Коли йдеться про екологічну упаковку, цей термін зазвичай може означати «легше переробляти», «виготовлено з відновлюваних або компостованих ресурсів», «використовуючи менше ресурсів» і тепер включає тенденцію до «повторного використання», а не «переробки». Щодо розумної упаковки, термінологія поділяється на дві загальні категорії: «активна» та «інтелектуальна / підключена».

На початку багато елементів розумної упаковки вважалися дуже неекологічними; тому провідні чорнила зі срібла та міді, металеві RFID-мітки та активні покриття використовували хімічні речовини (часто з металевими елементами, такими як срібло), які мали антимікробні властивості, але робили їх неможливою переробку.

Щорічно третина харчових продуктів, що виробляються у світі, втрачається або викидається. Таким чином, розумна упаковка пропонує новий підхід до зменшення харчових відходів та втрат. Вона не лише захищає харчі від навколишнього середовища, але й подовжує термін їх придатності та є перспективною для досягнення таких цілей бренду, як відстеження, можливість переробки, залучення споживачів та логістика ланцюга постачання.



Чотири основні цілі традиційної упаковки: збереження та захист (захист їжі від тепла, світла, запаху, мікробного та хімічного забруднення, комах, бруду та пилу тощо), зручність (готові до вживання продукти, з якими легко поводитися, наприклад, контейнери, що герметично закриваються та придатні для використання в мікрохвильовій печі), герметичність (доступні в різних розмірах і формах) та комунікація (надання такої інформації, як логотип бренду, список поживних речовин, список інгредієнтів, ціна, інструкції з приготування, термін придатності тощо).

Хоча нові вимоги, такі як зростання населення, зміни в поведінці споживачів і технологіях виробництва, а також екологічна свідомість і новітні технології, такі як нанотехнології та біотехнології, послужили каталізатором для розвитку розумної упаковки харчових продуктів.

Активне та інтелектуальне пакування – дві різні концепції розумної упаковки.

Активне пакування – це спосіб пакування, в який спеціально вбудовуються компоненти, що вивільняють або поглинають речовини в упакований харчовий продукт або середовище навколо нього, або з нього, щоб покращити термін придатності продукту або якість, і їх можна класифікувати як системи вивільнення або поглинання (поглиначі вуглекислого газу, поглиначі кисню, випромінювачі етанолу, поглиначі етилену, антимікробні та антиоксидантні вивільнені речовини).

Активна упаковка взаємодіє з їжею всередині та допомагає подовжити термін придатності. Чудовим прикладом є збільшення терміну придатності пива з трьох до шести місяців шляхом додавання поглиначів кисню до кришки пляшки.

Інтелектуальне пакування – це система упаковки, яка використовує внутрішнє або зовнішнє середовище упаковки як «інформацію» для контролю стану якості продукції, відстеження продукту та виявлення небезпек під час транспортування та зберігання.

З іншого боку, інтелектуальне пакування не впливає на їжу.

Інтелектуальної упаковки можна досягти за допомогою індикаторів, датчиків та носіїв даних, які виглядають як майбутнє та обговорюються трохи детальніше.

Індикатори.

Індикатор – це тип інтелектуальної упаковки, яка надсилає інформацію про наявність або відсутність певної речовини, чи відбувається реакція, та її концентрацію. Індикатори часу-температури, індикатори свіжості та індикатори газу – це три основні категорії індикаторів.

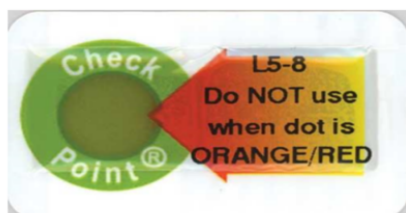
Індикатор часу та температури (ТТІ).

Термін придатності харчових продуктів суттєво залежить від температури, особливо швидкопсувних продуктів. Візуальне відображення змін температури забезпечує індикатор залежності часу від температури. Він здебільшого використовується для страв, чутливих до температури, таких як охолоджені та заморожені продукти.

Два основні типи ТТІ:

Індикатор часткової температури (який не реагує, якщо не перевищено задане порогове значення температури).

Індикатори повної історії (які безперервно реагують на всі температури).



Індикатори свіжості.

Індикатори свіжості – це інтелектуальні пристрої, які дозволяють контролювати якість харчових продуктів і вказують на псування або свіжість упакованого продукту за допомогою змін кольору, які можна безпосередньо виявити неозброєним оком. Індикатори

свіжості базуються на використанні барвників, чутливих до коливань рН, спричинених псуванням продукту, що призводить до видимої зміни кольору індикатора.

Індикатори свіжості продуктів ТМ – це клас таймерів, які можна налаштувати на закінчення певного терміну придатності, від кількох днів до кількох тижнів або місяців, – були створені компанією VanproB. Вони є практичним розв’язанням проблеми зберігання продуктів після відкриття.



Сенсорні етикетки RipeSense.

Багато фруктів не мають видимих ознак дозрівання, через що покупцям важко розпізнати, чи досяг фрукт бажаного стану стиглості. Функція «Відчуття стиглості» усуває цей бар'єр, а також допомагає зменшити харчові відходи. Упаковка постачається з сенсорною плямою, яка змінює колір і точно показує, наскільки стиглий фрукт.

RipeSense – це перша інтелектуальна сенсорна етикетка, яка реагує на аромати, що виділяються фруктами, вказуючи на їх стиглість. Спочатку сенсор червоний, потім помаранчевий і, нарешті, жовтий. Це дозволяє покупцям вибирати фрукти за ступенем зрілості. Упаковка ripeSense®, що підлягає переробці, забезпечує підвищену гігієнічну безпеку, оскільки захищає фрукти від дотику чи стискання іншими покупцями.



Етикетки з наданням інформації про рівень CO₂.

Для використання в полімерних плівках для пакувальних систем розробляється візуальний індикатор вуглекислого газу на основі хімічного барвника. Окрім надання інформації про рівень CO₂ всередині упаковки, ця неруйнівна плівка може допомогти виявити раннє псування. Незалежно від температури, система базується на зміні кольору, залежній від рН. Колір індикатора змінюється в результаті змін рН, спричинених змінами концентрації CO₂.

Склад газу в газовому просторі упаковки може змінюватися через газ, що утворюється внаслідок окиснення ліпідів та мікробіологічного псування. Таким чином, газові індикатори можуть відстежувати зміни газоподібного складу та попереджати споживачів про безпеку та якість харчових продуктів. Ці індикатори можна друкувати на пакувальних плівках або представляти у вигляді етикеток. Ці індикатори змінюють колір через хімічні або ферментативні реакції, надаючи інформацію про наявність та відсутність кисню або вуглекислого газу. Щоб мати прямий контакт з газами, що утворюються під час псування, газові індикатори зазвичай друкують або іммобілізують всередині упаковки.

Визначення упаковки в модифікованій атмосфері (МАР) – це заміна повітря в упаковці заздалегідь визначеною комбінацією газів з фіксованими пропорціями кожного компонента та без додаткового контролю під час зберігання. Основними газами в продуктах МАР є кисень та вуглекислий газ, тому використання індикаторів газів може допомогти створити упаковку з контрольованим середовищем, де склад газів постійно регулюється протягом усього зберігання.

Шлях продукту.

Фірма Princes звертається до QR-кодів та блокчейну для розповіді історій про сталий розвиток



QR-коди на пакуванні дозволяють користувачам отримати доступ до спеціальної вебсторінки, яка проведе їх через весь шлях продукту через ланцюг постачання, від ферми до супермаркету.

Відповідальна утилізація.

Colras, британський виробник і дизайнер харчової упаковки, надає легкодоступні рекомендації щодо переробки та компостування своєї картонної харчової упаковки за допомогою QR-кодів на упаковці та вебсторінок продуктів, з метою підтримки кінцевих користувачів у прийнятті обґрунтованих рішень



щодо вибору продукції та відповідальній утилізації відходів. Компанія стверджує, що її легкодоступні сертифікати екологічності для картонної харчової упаковки допомагають кінцевим користувачам робити обґрунтований вибір продукції та відповідально утилізувати її після використання. За даними організації, вона також інформує клієнтів про переробку та компостування, а також про джерела матеріалів, щоб вони могли узгодити вибір упаковки з цілями екологічності.

Шоколадні обгортки з доповненою реальністю.

Бренд смачного шоколаду Milka випустив різдвяну обгортку на базі доповненої реальності (AR) для своїх шоколадних батончиків. Різдвяний календар Milka відстежує зворотний відлік до Різдва, а також дає користувачам змогу скуштувати їхні смачні ласощі. Кожне число в календарі запрошує покупця в подорож за допомогою інтерактивних ігор та активностей. Цей креативний різдвяний календар гарантує, що клієнти залишаться зачаровані своїм брендом, пропонуючи їм скуштувати не лише шоколад.



Зупинка підробок за допомогою пляшок, підключених до хмари.

Компанія Johnnie Walker запустила пляшку для віскі, підключену до хмари, у партнерстві з норвезькою компанією з виробництва друкованої електроніки, щоб запобігти

підробці їхньої продукції. Завдяки NFC-мітці з відкритим сенсом, яка здатна підключатися до смартфонів, клієнти можуть дізнатися вік та справжність придбаної пляшки. Ця мітка також дозволяє компанії передавати будь-які маркетингові повідомлення клієнтам через хмару.



Технології проникли навіть у пакувальну галузь. Використання розумної упаковки може творити дива для вашого бренду та продуктів, водночас дозволяючи вам зосередитися на потребах ваших споживачів. Додана вартість та прибутковість роблять її гідною інвестицій як для виробників, так і для роздрібних торговців, так і для споживачів.

Розумна упаковка революціонує спосіб взаємодії брендів та клієнтів. Інтегруючи технології з традиційною упаковкою, компанії можуть покращити захист продукції, покращити взаємодію з користувачем та отримати цінну інформацію.

Питання для самостійного опрацювання

1. Що таке «розумна упаковка» та яким чином вона перетворює звичайну обгортку на інструмент комунікації?
2. У чому полягає основна відмінність між «активним» та «інтелектуальним» пакуванням харчових продуктів?
3. Які функції виконують поглиначі кисню та антимікробні агенти в активному пакуванні?
4. Як інтелектуальні системи пакування допомагають споживачам контролювати якість і безпеку продуктів (наприклад, через індикатори свіжості)?
5. Яким чином компанія Johnnie Walker використовує NFC-мітки та хмарні технології для захисту своєї продукції від підробок?
6. Наведіть приклад використання доповненої реальності (AR) у пакуванні: яку мету переслідував бренд Milka у своєму різдвяному проєкті?
7. Як впровадження smart-технологій у пакувальну галузь впливає на аналіз ринку та лояльність клієнтів?

Тема 4.3. Поліграфія 4.0: як цифровізація та штучний інтелект керують «зеленою» революцією

Аналіз ринку свідчить, що 78 % споживачів вважають екологічну стійкість критичним фактором при виборі продукту, а 63 % уже активно змінили свої купівельні звички на користь брендів, що демонструють відповідальне ставлення до ресурсів. Це зумовлює перехід великих корпорацій, таких як Unilever та Nestlé, на 100 % придатну до переробки упаковку до кінця 2025 року. Для друкарень це означає необхідність адаптації технологічних процесів до роботи з вторинними субстратами та екологічними фарбами.

Сьогодні поліграфісти активно інтегрують цифрові технології та штучний інтелект для реалізації стратегій «зеленого» виробництва. Основна ідея полягає у переході від лінійної моделі «видобути-виготовити-викинути» до циркулярної системи, де ресурси зберігають свою цінність протягом максимально тривалого часу.

Цифрова трансформація сьогодні означає значно більше, ніж просто заміну офсетного друку на цифровий. Це персоналізація продукту, використання електронної комерції та створення безшовних ланцюгів «від вебу до готового продукту». Зокрема, сегмент упаковки для електронної комерції є одним із тих, що найшвидше зростає, підживлює попит на екологічно безпечні пакувальні рішення.

Технологічні інновації та екологічні тренди.

Глобальна поліграфічна індустрія рухається в бік «зеленої» трансформації, тому основними трендами стає цифровізація, автоматизація та впровадження принципів циркулярної економіки.

Цифровий друк продовжує витісняти традиційні методи в малотиражних сегментах, що дозволяє уникнути перевиробництва та складських залишків. Сегмент, що найшвидше зростає – це струменевий друк (inkjet), доходи від якого у 2024 році зросли на 6,9 %. Це пояснюється відсутністю необхідності у виготовленні друкарських форм та меншим споживанням енергії порівняно з офсетом. Одним із головних інструментів зменшення твердих відходів є концепція **Print-on-Demand** (друк на вимогу). Це дозволяє виготовляти малі тиражі без утворення надлишкових запасів готової продукції, які часто стають макулатурою ще до моменту реалізації. За даними аналітиків, у 2025 році частка цифрового друку продовжуватиме зростати завдяки підвищенню швидкості машин та зниженню вартості відбитка.

Технологічний перехід від офсетного до цифрового струменевого друку сам по собі є потужним інструментом декарбонізації. Процес цифрового друку усуває цілі стадії виробництва, такі як виготовлення пластин та тривала приладка, що потребує сотень пробних аркушів. Наприклад, використання технології HP Indigo або PageWide дозволяє зменшити відходи матеріалів майже до нуля внаслідок можливості друкувати на вимогу (Print-on-Demand). Компанія *Thimm* повідомляє, що цифрова технологія споживає на 52 % менше енергії порівняно з традиційною флексографією, що дозволяє скоротити загальні викиди CO₂ на 26 %.



Технологічна інновація	Екологічний ефект	Економічний ефект
Inkjet друк	Менше хімікатів та відходів приладки	Вигідний для малих тиражів та персоналізації
AI-дизайн (Graphic Design 2.0)	Оптимізація витрати паперу	Скорочення часу на підготовку макетів
Автоматизація (Smart devices)	Зменшення браку та енерговитрат	Незалежність від дефіциту кадрів
Електронна комерція (Web-to-print)	Друк лише необхідної кількості	Швидкий доступ до кінцевого споживача
Інтеграція AI	Оптимізація розкладки на листі, предикативне обслуговування	Зниження браку та паперових обрізків
Фарби на рослинній основі	Використання соєвих / лляних олій замість нафтопродуктів	Легший деінкінг при переробці макулатури
Цифровий друк (Inkjet)	Відсутність друкарських форм та приладочних листів	Ліквідація відходів пластин та приладочної макулатури
Роботизована зміна форм	Скорочення часу та помилок під час налаштування машин	Мінімальний брак при старті тиражу

Штучний інтелект як інструмент екологічної оптимізації.

У 2017 році термін «інновація» стосувався механічного вдосконалення машин. Сьогодні екологізація поліграфії неможлива без штучного інтелекту. Сучасний стан світової поліграфічної індустрії характеризується фундаментальним переходом від традиційних механізованих процесів до високоінтелектуальних систем управління, де штучний інтелект (AI) виступає не лише засобом підвищення продуктивності, а й ключовим інструментом екологічної оптимізації. У період 2025–2026 років галузь стикається з безпрецедентним тиском з боку регуляторних органів, зокрема через впровадження нових європейських регламентів щодо пакування та відходів (PPWR), що змушує підприємства переосмислювати свої операційні моделі. Аналіз поточних тенденцій свідчить, що 85 % постачальників послуг друку вважають штучний інтелект критично важливим для збереження конкурентоспроможності, оскільки він дозволяє вирішувати складні завдання з управління ресурсами, мінімізації відходів та енергоспоживання, які раніше були недоступні для людського контролю.

Алгоритми штучного інтелекту забезпечують:

Інтелектуальне планування накладів: AI аналізує чергу замовлень і групує їх за форматом та колірністю таким чином, щоб скоротити час приладки та кількість макулатури на 9 %.

Прогностичне обслуговування: Системи самодіагностики аналізують вібрації та температуру вузлів, запобігаючи аварійним зупинкам, які зазвичай призводять до великих обсягів технологічного браку.

Автоматизований контроль якості в реальному часі: AI-камери виявляють дефекти друку на швидкості до 900 м/хв, миттєво коригуючи параметри фарбоподачі, що зменшує перевитрату чорнил.

Сучасні друкарські машини, оснащені системами на базі штучного інтелекту, здатні самостійно контролювати параметри друку, що радикально зменшує кількість макулатури під час приладки. Система **Heidelberg Prinect Inpress Control 3** є еталонним прикладом такої технології: вона здійснює спектрофотометричне



вимірювання кольору безпосередньо в процесі друку на повній швидкості машини. Це дозволяє скоротити час налаштування та зменшити паперові відходи на етапі виходу на колір до 40 %.

Застосування алгоритмів прогнозованого обслуговування дозволяє уникнути критичного зламу обладнання, які часто стають причиною масового браку. ШІ аналізує дані з сенсорів, виявляючи знос деталей до того, як це вплине на якість відбитка, що зберігає тисячі аркушів паперу та кілограми фарби від списання в утиль.

Поліграфічна галузь традиційно вважалася ресурсомісткою, споживаючи значні обсяги паперу, хімічних речовин та енергії. Однак впровадження AI-керованих робочих процесів радикально змінює цей ландшафт. У 2025 році очікується, що до 15 % друкарень по всьому світу повністю інтегрують AI для оптимізації якості друку та зменшення використання ресурсів. Ця цифра відображає ширший рух до «розумного виробництва», де дані стають основою для прийняття екологічних рішень. Технологічне прискорення, що спостерігається сьогодні, зумовлене конвергенцією автоматизації, штучного інтелекту та передових технологій струменевого друку, що дозволяє підприємствам захищати свою маржинальність навіть у складних економічних умовах.

Автоматизація робочих потоків (workflow automation) за допомогою штучного інтелекту забезпечує значне скорочення помилок на стадії додрукарської підготовки, що є одним із головних джерел виробничого браку. AI-системи здатні автоматично перевіряти файли, застосовувати корекцію кольору та розкладати макети на листі з максимальною щільністю, що мінімізує обрізки паперу.

AI-керовані системи контролю якості.

Автоматизація сьогодні розглядається як інструмент сталого розвитку. Системи автоматичного контролю кольору та дефектів дозволяють зменшити кількість відходів паперу на етапі приладки обладнання. Інтеграція AI в графічний дизайн та додрукарську підготовку дозволяє оптимізувати розкладку виробів на аркуші, максимально ефективно використовуючи площу задрукованого матеріалу. Ще однією важливою інновацією є використання AI-керованих систем контролю якості. Сучасні датчики в реальному часі аналізують кожен відбиток, миттєво коригуючи подачу фарби або суміщення кольорів. Це запобігає випуску тисяч бракованих примірників, що раніше було звичним явищем у традиційному офсеті.

Сьогодні галузь переходить від простих чат-ботів до «агентного ШІ» (Agentic AI). Це інтелектуальні системи, які не просто очікують на команди, а самостійно ідентифікують проблеми, розробляють рішення та впроваджують їх у виробничий цикл. Наприклад, якщо одиниця обладнання виходить з ладу, AI-агент може автоматично перенаправити завдання на інші вільні пристрої та скоригувати графіки виробництва без втручання людини. Такий рівень автономії дозволяє уникнути енергомістких простоїв та зменшити обсяги браку, що виникає через людський фактор.

Майже 80 % постачальників послуг друку вже автоматизували принаймні частину своїх робочих процесів, а для внутрішньозаводських друкарень автоматизація стала головною причиною інвестицій у нове обладнання. Використання систем інтелектуального планування дозволяє обробляти тисячі дрібних замовлень на день з мінімальною кількістю точок дотику, що забезпечує стабільність якості та економію матеріалів.

Роль хмарних технологій та IoT.

Хмарна інфраструктура стає фундаментом для AI-рішень. IoT-пристрої, (IoT-Інтернет речей – це фізичні об'єкти, оснащені датчиками, програмним забезпеченням та модулями зв'язку (Wi-Fi, Bluetooth), що дозволяє їм підключатися до Інтернету, обмінюватися даними, автоматично взаємодіяти між собою та керуватися дистанційно без постійної

участі людини.) інтегровані в друкарські машини, постійно передають дані про продуктивність, енергоспоживання та стан витратних матеріалів у хмару для аналізу в реальному часі. Це дозволяє не лише відстежувати замовлення, а й створювати «цифрові двійники» виробничих ліній для віртуального тестування нових екологічних субстратів перед їх реальним використанням.

Перевага автоматизації	Традиційний метод	AI-керований метод	Екологічний вплив
Перевірка файлів (Preflight)	Ручна, з високим ризиком помилок	Автоматична, заснована на AI-алгоритмах	Зменшення кількості передрукувань
Складання макетів (Imposition)	Статичні шаблони	Динамічна оптимізація площі	Зменшення відходів паперу до 10 %
Планування завдань	На основі пріоритетів менеджера	Оптимізація енергоспоживання та ресурсів	Зниження вуглецевого сліду виробництва
Обслуговування техніки	Реактивне (після зламу)	Предиктивне (на основі даних сенсорів)	Подовження терміну життя обладнання

Алгоритми економії друкарських фарб та керування кольором.

Одним із найбільш значущих аспектів екологічної трансформації є використання штучного інтелекту для управління споживанням друкарських фарб та тонерів. Хімічний склад друкарських фарб часто містить леткі органічні сполуки та інші речовини, чиє виробництво має значний екологічний слід. AI дозволяє мінімізувати ці витрати без втрати візуальної якості продукції.

Традиційне керування кольором спирається на статичні ICC-профілі та мануальне калібрування. Новітні дослідження демонструють перехід до адаптивних систем на базі нейронних мереж, які здійснюють предикативне калібрування в реальному часі. Ці системи аналізують спектроскопічні дані кожного відбитка та миттєво коригують подачу фарби, що дозволяє досягти стабільності Delta E навіть на складних, екологічно чистих субстратах з високою всмоктуваністю.

Спеціалізовані AI-моделі тренуються на масивах даних, що включають тисячі типів робіт та налаштувань принтерів. Коли користувач надсилає файл на друк, система прогнозує точну витрату чорнила та пропонує варіанти економії, такі як:

Інверсія кольорів: Перетворення темних макетів у світліші формати, де це не критично для змісту, що дозволяє значно зменшити шар фарби.

Інтелектуальна заміна чорної компоненти (GCR): Заміна суміші кольорових чорнил чорним у нейтральних зонах, що не лише економить дорогі пігменти, а й покращує стабільність кольоровідтворення.

Адаптивне зменшення інтенсивності: Алгоритми виявляють зони, де зниження насиченості кольору на кілька відсотків буде непомітним для людського ока, але сукупно дасть ефект економії ресурсів у масштабах тиражу.

Розробка екологічних матеріалів.

AI відіграє критичну роль у виборі та формуванні екологічно безпечних фарб. Аналізуючи екологічний вплив різних компонентів, алгоритми рекомендують використання біочорнил на основі сої, води або інших рослинних олій, які мають нижчий вміст VOC. Стартапи, такі як *Jabi TDD Solutions*, використовують запатентовані AI-алгоритми для створення гелевих чорнил на основі альгінату та кукурудзяного крохмалю, що відкриває нові можливості для безпечного друку в фармацевтиці та харчовій промисловості. Крім того, AI допомагає в розробці біодеградабельних субстратів, виготовлених з конопель, бамбука або переробленого пластику, оптимізуючи їхні фізичні властивості для друку на високих швидкостях.

Енергоефективність та управління вуглецевим слідом у поліграфічному цеху.

Зменшення енергоспоживання є одним із пріоритетів 2026 року, оскільки вартість енергії залишається високою, а кліматичні зобов'язання компаній стають суворішими. AI пропонує трансформаційні інструменти для управління енергетичними потоками в реальному часі.

Предикативне планування на основі енерговитрат.

Замість звичайного послідовного планування завдань, AI-системи використовують глибоке навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning) для побудови графіків друку, що мінімізують пікові навантаження та простої. Такі системи враховують:

- Час прогріву та охолодження сушильних камер.
- Реальні тарифи на електроенергію в різні години доби.
- Складність макетів (кількість енергії, необхідної для фіксації тонера або чорнила).

Дослідження показують, що AI можуть забезпечити економію електроенергії на рівні 22,5 % та скоротити викиди вуглецю на сотні кілограмів CO₂ на тиждень навіть у масштабах невеликих виробничих центрів. Модель "Smart Scheduler", розроблена стартапом *IndusEdge Solutions*, демонструє зниження витрат на електрику на 22 % без втрати продуктивності внаслідок узгодження завдань з періодами низького попиту на енергію.

Алгоритми машинного навчання аналізують дані з тисяч підключених датчиків, відстежуючи температуру, вібрацію, стан валів та анілоксових валів. Вони здатні розпізнавати патерни, що передують несправності, та автоматично ініціювати сервісні замовлення або попереджати оператора. Наприклад, інтелектуальні медіасенсори (як-от Konica Minolta IM-104) миттєво ідентифікують характеристики паперу та виявляють найменші варіації в різанні чи налаштуваннях, що запобігає заминанню паперу та дорогого передруку. Це не лише економить ресурси, а й підвищує загальну ефективність обладнання (OEE).

Віртуальний сервіс.

Зменшення вуглецевого сліду сервісних операцій досягається завдяки програмам віртуальних візитів (Virtual Service Visit, VSV). Статистика свідчить, що 28 % усіх технічних проблем тепер вирішуються дистанційно без виїзду інженера на об'єкт, а середній час виправлення складає всього вісім хвилин. Це економить мільйони літрів палива щорічно та дозволяє обладнанню залишатися в робочому стані значно довше. На додаток, предиктивний аналіз дозволяє виробникам, таким як Heidelberg, використовувати дані з хмари для вдосконалення дизайну нових машин, роблячи їх більш енергоефективними та придатними до легкого ремонту («right to repair»).

Параметр сервісу	Традиційне обслуговування	AI-кероване PdM	Ефект для сталого розвитку
Реакція на злам	Реактивна (після аварії)	Предиктивна (передбачення збоїв)	Менше браку та витрат енергії на перезапуск
Виїзд інженера	Обов'язковий у більшості випадків	28 % вирішуються дистанційно	Скорочення транспортних викидів CO ₂
Термін служби частин	Заміна за графіком або після зносу	Оптимізація використання до критичної межі	Зменшення обсягів електронних відходів
Час простою	Непередбачуваний, часто тривалий	Скорочення на 20 % і більше	Максимальна утилізація наявних потужностей

Цифровий паспорт продукту та простежуваність.

Регламент ЄС про пакування та відходи пакування (PPWR) зобов'язує виробників надавати детальну інформацію про склад пакування та шляхи його переробки. AI дозволяє

інтегрувати ці дані в динамічні QR-коди або RFID-мітки, створюючи цифрові паспорти, доступні для органів нагляду та споживачів. AI-системи машинного зору забезпечують точність нанесення та зчитування таких міток навіть на складних поверхнях, що гарантує Traceability протягом усього ланцюжка постачання.

Завдяки алгоритмам генеративного дизайну, бренди можуть розробляти пакування, що використовує мінімальну кількість матеріалу при збереженні структурної цілісності. AI аналізує тисячі комбінацій геометрії та матеріалів, щоб зменшити «порожній простір» (void space) згідно з вимогами ЄС (не більше 50 % порожнечі в e-commerce). До того, AI-керовані роботизовані системи на сміттєпереробних заводах використовують комп'ютерний зір для ідентифікації та точного сортування переробних матеріалів, таких як тюбики зубної пасти або гнучкі пластики, що значно підвищує якість вторинної сировини.

3D-друк та AI – нова ера ресурсозбереження.

3D-друк, або адитивне виробництво, за своєю суттю є екологічнішим за традиційні методи, оскільки будує об'єкт шар за шаром, мінімізуючи відходи матеріалу. Інтеграція AI виводить цю технологію на новий рівень ефективності.

Штучний інтелект прискорює пошук стійких матеріалів для 3D-друку, таких як біополімери або композити на основі переробленого пластику. Людський капітал та майбутнє поліграфії в епоху Industry 5.0.

Трансформація галузі неможлива без адаптації робочої сили. Хоча автоматизація та AI можуть призвести до зникнення близько 20 % традиційних робочих місць до 2030 року, вони водночас створюють попит на нові, висококваліфіковані ролі, пов'язані з управлінням даними, екологічним аудитом та AI-супроводом.

Upskilling: Навчання як стратегічна інвестиція

Провідні гравці ринку, такі як PRINTING United Alliance, наголошують на необхідності навчання персоналу роботі з AI-інструментами та принципам сталого розвитку. Це дозволяє залучати таланти покоління Z, для яких екологічна місія компанії є одним із ключових факторів вибору роботодавця. Впровадження «гіг-економіки» у виробничий процес – коли студенти або пенсіонери можуть підключатися до роботи через спеціальні додатки в пікові періоди – допомагає розв'язувати проблему нестачі кадрів та забезпечує гнучкість бізнес-моделей у 2026 році.

Етика та відповідальність.

Використання AI в поліграфії ставить нові питання щодо безпеки даних та інтелектуальної власності. AI-системи 2026 року повинні бути захищеними від кібератак та забезпечувати конфіденційність персоналізованих даних клієнтів через впровадження квантово-резистентних алгоритмів шифрування. Крім того, компанії мають відкрито звітувати про споживання енергії самими AI-моделями, балансує між вигодами від оптимізації та витратами на обчислювальні потужності дата-центрів.

З огляду на вищесказане можна стверджувати, що штучний інтелект став невіддільною частиною ДНК сучасної поліграфії. Сьогодні екологічна оптимізація галузі відбувається через синергію трьох факторів: прецизійної автоматизації процесів, переходу на цифрові технології друку та впровадження принципів циркулярної економіки під наглядом AI.

Завдяки AI друкарні перетворюються з простих виконавців замовлень на стратегічних партнерів у сфері комунікацій та маркетингу, які допомагають брендам не лише ефективно звертатися до аудиторії, а й виконувати свої зобов'язання перед планетою. Ті компанії, що зуміють інтегрувати AI-рішення для мінімізації відходів, оптимізації енергоспоживання та забезпечення прозорості ланцюжків постачання, стануть лідерами нового ринку, де екологічна відповідальність є синонімом фінансового успіху. Industry 5.0 у поліграфії – це не просто швидкість і точність, це розумне використання кожного ресурсу задля сталого майбутнього.

Майбутнє поліграфії – це не лише якісний відбиток на матеріалі, а й мінімальний екологічний відбиток на планеті. Екологічна свідомість перетворюється на ключову умову суспільного прогресу та сталого економічного розвитку підприємств галузі.

Питання для самостійного опрацювання

1. Який відсоток споживачів сьогодні вважає екологічну стійкість критичним фактором при виборі продукту?
2. У чому полягає основна перевага концепції Print-on-Demand (друк на вимогу) для зменшення відходів?
3. Який відсоток постачальників послуг друку вважає штучний інтелект критично важливим для збереження конкурентоспроможності?
4. Яким чином система Heidelberg Prinect Inpress Control 3 допомагає зменшити паперові відходи?
5. Які три конкретні методи AI пропонує для економії друкарських фарб без втрати якості продукції?
6. Яку економію електроенергії забезпечує модель «Smart Scheduler» внаслідок оптимізації графіків друку?
7. Як штучний інтелект допомагає брендам відповідати вимогам Регламенту ЄС (PPWR) щодо «порожнього простору» в упаковці?
8. Як зміняться вимоги до персоналу та структура робочих місць у поліграфії до 2030 року у зв'язку з автоматизацією?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічні біотехнології: теорія і практика : навчальний посібник. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 254 с.
2. Технологічні процеси видавничо-поліграфічної справи : навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.051501 «Видавничо-поліграфічна справа» / Є. М. Грабовський, М. М. Оленич. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. 192 с.
3. Мягченко О. П. Основи екології : підручник / за ред. О. П. Мягченка. Київ : ТОВ «ВД «ЦУЛ»», 2022. 213 с.
4. Фекета І. Ю. Основи екології : Методичні матеріали для проведення семінарських, практичних занять з дисципліни «Основи екології», перероблений та уточнений. Ужгород : Видавництво «ФОП Бреза А. Е.», 2020. 55 с
5. Данілова О. С. Екологія людини : методичні рекомендації до практичних занять та самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 053 «Психологія» / уклад.: О. С. Данілова. Одеса : 2023. 33 с.
6. Технології електронного видавництва : методичні рекомендації до самостійної роботи студентів спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» першого (бакалаврського) рівня / уклад. І. О. Хорошевська. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2021. 64 с.
7. Технології електронного видавництва : навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.051501 «Видавничо-поліграфічна справа» / І. О. Бондар. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. 136 с.

Інформаційні ресурси:

<https://www.maxzosim.com/otsinka-zhittevogo-tsiklu/>
<https://comserv.com.ua/life-cycle>
<https://www.youtube.com/watch?v=r0ucT1KRiO4>
<https://www.youtube.com/watch?v=gjvCXDfl5kc>
<https://ukrenergo.pro/uk/biologicheskaya-ochistka-stochnyh-vod/>
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-95#Text>
<https://ziko.com.ua/decision/organization-solution-promyslovi-systemy-zvorotnogo-osmosu/?srsltid=AfmBOopmna5DzMwzK0IIQwRNarKJxtRCF3ZlsWhCc-Y0IX9Y3XP3T4Sd>
https://aris.shop/vydy-pakuvannya-ta-vymogy-do-upakovky-tovaru-yak-obraty-optymalnerishennya-dlya-produktu/#Паперові_та_картонні_матеріали
<https://modernpak.com.ua/znaky-markuvannya-upakovka/>
<https://lcci.com.ua/pererobka-shyn-abo-zarady-dovkillya-propozycji-tov-universalni-inzhenerni-rishennya/>
<https://modernpak.com.ua/znaky-markuvannya-upakovka/>
<https://greentransform.org.ua/yak-yes-integrue-ekologichne-markuvannya-eu-ecolabel-uzakonodavstvo/>
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1102-2023-п#Text>
<https://ua.shanghai-jingfan.com/chemical-free-ctp-plate/>
<https://pack.ua/uk/articles/upakovka-stati/polezhie-statii-o-kartone/proizvodstvo-tary-i-upakovki-iz-makulatury-chast-1>
<https://zpf.company/paper-museum/vtorinne-vikoristannya-paperu/>
<https://evopack.com.ua/osnovni-pryncypy-ta-etapy-utyilizaciyi-paperu/>
<https://www.carelrussia.com/energy-efficient-printing-systems-with-heat-recovery>

https://www.heidelberg.com/global/en/print_and_packaging/consumables/ipa_free_printing_1/ipa_free_printing.jsp

<https://ua.eegonotebook.com/info/explore-different-types-of-environmentally-friendly-17145865723487232.html>

<https://bambooink.com/blog/printing-recycled-paper/>

<https://agrarii-razom.com.ua/news-agro/kompaniya-paperiya-edina-v-ukraini-vigotovlyae-papir-z-yakogo-prorostayut-ovochi-ta-kviti>

<https://paperiya.com.ua/>

<https://manupackaging.ua/shho-take-smart-packaging-zastosuvannya-novitnih-tehnologij-u-pakuvanni/>

<https://machouse.ua/shopblog/print-ai/>

Навчальне видання

ЕКОТЕХНОЛОГІЇ В ПОЛІГРАФІЇ

Навчальний посібник

Дизайн обкладинки	<i>А. Демська</i>
Верстка	<i>А. Демська</i>
Технічне редагування	<i>О. Гринюк</i>



Г Е Л Ь В Е Т И К А
ВИДАВНИЧИЙ ДІМ

WWW.HELVETICA.UA

Підписано до друку 07.03.2026 р. Формат 60x84/8.
Папір офсетний. Гарнітура Cambria. Цифровий друк.
Ум. друк. арк. 11,39. Наклад 300.
Замовлення № 0226-018.
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.