

УДК 502/504

DOI [https://doi.org/10.15589/znп2025.1\(499\).26](https://doi.org/10.15589/znп2025.1(499).26)

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE IMPLEMENTATION OF A LOCAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEM WATER TREATMENT SYSTEM AT KOROSTYSHIV PAPER MILL LLC

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПРОВАДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД ТОВ «КОРОСТИШІВСЬКА ПАПЕРОВА ФАБРИКА»

Liudmyla I. Demchuk

ke_dlm@ztu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-5698-7113

Oksana M. Alpatova

ke_aom@ztu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-0803-9850

Tatiana V. Kurbet

kpn_ktv@ztu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-7820-4263

Л. І. Демчук,

канд. пед. наук, доцент

О. М. Алпатова,

канд. біол. наук, доцент

Т. В. Курбет,

канд. с.-г. наук, доцент

*Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr**Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир*

Abstract. This study is devoted to a comprehensive analysis of the environmental impacts of the implementation of a local wastewater treatment system at Korostyshiv Paper Mill LLC. The study includes an assessment of the effectiveness of the new system in reducing water pollution, the impact on the environment and adjacent ecosystems, and the economic feasibility of the investment. The analysis of the technological processes at the factory makes it possible to identify the main pollutants and their concentrations in the wastewater.

The **goal** is to improve the environmental assessment of the production of cardboard and paper products through the development and application of scientifically based integrated resource-efficient wastewater treatment technologies.

The environmental assessment **methodology** proposed to be used to analyze the implementation of a local wastewater treatment system at Korostyshiv Paper Mill LLC is intended to provide a comprehensive and objective assessment of the environmental impact of this measure. The assessment includes both quantitative and qualitative indicators to determine the efficiency of the treatment system, its environmental impact and economic feasibility. The proposed methodology allows for a comprehensive environmental assessment of the implementation of a local wastewater treatment system at Korostyshiv Paper Mill LLC and provides scientifically based recommendations for improving the environmental situation in the Zhytomyr region.

The **results** of the study will allow us to assess the effectiveness of the implemented environmental protection measures, identify areas for further improvement of the wastewater treatment system and develop recommendations for ensuring environmental safety of production.

The **scientific novelty** of the results obtained is the development of scientific principles for improving the efficiency of industrial wastewater treatment at Korostyshiv Paper Mill LLC for their reuse at various stages of technological processes and utilization of secondary products generated in water treatment technologies.

Practical significance can be used to develop an enterprise's environmental policy, make decisions on the introduction of new wastewater treatment technologies at other industrial enterprises, and develop regulations in the field of environmental protection.

Key words: environmental assessment; local treatment system; wastewater; paper mill; environmental pollution; environmental management.

Анотація. Це дослідження присвячене комплексному аналізу екологічних наслідків впровадження локальної системи очищення стічних вод на ТОВ «Коростишівська паперова фабрика». Дослідження охоплює оцінку ефективності нової системи у зменшенні забруднення водних ресурсів, впливу на навколишнє середовище та суміжних екосистем, а також економічну доцільність інвестицій. Аналіз технологічних процесів на фабриці дає можливість визначити основні забруднюючі речовини та їх концентрацій у стічних водах.

Мета є підвищення екологічної оцінки виробництва картонно-паперової продукції шляхом розробки та застосування науково обґрунтованих комплексних ресурсоефективних технологій очищення стічної води.

Методика екологічної оцінки, яку пропонується застосувати для аналізу впровадження локальної системи очистки стічних вод на ТОВ «Коростишівська паперова фабрика», має на меті забезпечити комплексну та об'єктивну оцінку впливу даного заходу на довкілля. Оцінка включає як кількісні, так і якісні показники, що дозволяють визначити ефективність системи очищення, її вплив на навколишнє середовище та економічну доцільність. Запропонована методика дозволяє провести комплексну екологічну оцінку впровадження локальної системи очистки стічних вод на ТОВ «Коростишівська паперова фабрика» та забезпечити науково обґрунтовані рекомендації щодо покращення екологічної ситуації в Житомирській області.

Результати дослідження дозволять оцінити ефективність впроваджених природоохоронних заходів, визначити напрямки подальшого вдосконалення системи очищення стічних вод та розробити рекомендації щодо забезпечення екологічної безпеки виробництва.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці наукових засад підвищення ефективності очищення виробничих стічних вод ТОВ «Коростишівської паперової фабрики» для їх повторного використання на різних етапах технологічних процесів та утилізації вторинних продуктів, які утворюються в технологіях водоочищення.

Практична значимість може бути використана для розробки екологічної політики підприємства, прийняття рішень щодо впровадження нових технологій очищення стічних вод на інших промислових підприємствах, а також для розробки нормативно-правових актів у сфері охорони навколишнього середовища.

Ключові слова: екологічна оцінка; локальна система очищення; стічні води; паперова фабрика; забруднення навколишнього середовища; екологічний менеджмент.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В останні роки через економічні та екологічні обмеження процеси, пов'язані з виготовленням паперу та картону, через відсутність власного виробництва первинних волокнистих напівфабрикатів, вдосконалюються саме у напрямі збільшення частки використання макулатури, що призводить до значного забруднення виробничих стічних вод, та збільшення використання підготовленої природної води в технологічних процесах.

Загострюється також проблема утворення великих об'ємів волокнисто-неорганічних відходів водоочищення у вигляді гідрофільних осадів з високою вологістю. Повторне використання вловленого в процесах локального очищення стічної води волокна обмежене вимогами, що висуваються до якості готової продукції. Проблема ефективного очищення виробничих стічних вод паперових виробництв від забруднюючих домішок на етапі локального очищення для одержання води, придатної для повторного використання на різних етапах технологічного процесу, як і проблема перероблення вторинних відходів водоочищення залишаються невирішеними.

Вирішити зазначені задачі можна шляхом комплексного підходу в технологіях очищення виробничих стічних вод, а також з урахуванням всіх особливостей виробництва картону та паперу, в тому числі вибору компонентів маси та її підготовки, формування паперового полотна, переробки скопу. Більше уваги слід приділити питанню зменшення кількості неліквідного макулатурного волокна шляхом заміни його на первинне целюлозне волокно вітчизняного виробництва з наявних дешевих сировинних ресурсів з використанням побічних продуктів делігніфікації

як сорбентів в технологіях водоочищення. Важливою є також розробка ефективних сорбційних матеріалів для поглинання зі стічних вод синтетичних барвників із залученням підходів «зеленої хімії» є актуальним та важливим для вирішення низки екологічних проблем, зокрема використання неліквідних багатотонажних неволокнистих рослинних відходів агропромислово-гокомплексу може бути альтернативою традиційним промисловим сорбентам для ефективного вилучення синтетичних барвників зі стічних вод.

Створення комплексних ресурсоефективних технологій очищення води для забезпечення ощадного водокористування на підприємствах паперової галузі у виробництві картонно-паперової продукції є актуальною та важливою задачею технології водоочищення та важливим напрямом розвитку вітчизняної галузі.

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Екологічна оцінка впровадження локальної системи очистки стічних вод на ТОВ «Коростишівська паперова фабрика» є комплексним процесом, який вимагає детального аналізу. Незважаючи на те, що ми вже визначили основні цілі та завдання оцінки, існує ряд питань, які потребують більш детального розгляду для отримання повнішої та об'єктивної картини, а саме: специфіка забруднювачів; вплив на довкілля; технологічні аспекти; соціальні та економічні аспекти; моніторинг та контроль. Для проведення повної та об'єктивної екологічної оцінки необхідно детально розглянути всі вищезазначені аспекти. Це дозволить не тільки оцінити ефективність впровадженої системи очищення, але й розробити рекомендації щодо її

подальшого вдосконалення та забезпечення довгострокової екологічної безпеки.

МЕТА

Є підвищення екологічної оцінки виробництва картонно-паперової продукції шляхом розробки та застосування науково обґрунтованих комплексних ресурсоефективних технологій очищення стічної води.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Згідно меті даного дослідження ми ставимо перед собою завдання визначити об'єкт та предмет дослідження, а також визначити методи.

Об'єктом дослідження є процес впровадження локальної системи очищення стічних вод на ТОВ «Коростишівська паперова фабрика» та її вплив на навколишнє середовище.

Предметом дослідження є гідродинаміка руху середовищ, кінетика процесів розділення рідких неоднорідних систем при застосуванні різних реагентів та домішок.

Методи дослідження. Для дослідження якості виробничих стічних вод паперових виробництв використовували фізико-хімічні та хімічні методи аналізу:

- Оцінку показників міцності паперу та картону визначали фізико-механічними методами. Фракційний склад по волокну первинних та вторинних волокон визначали методом лазерно-кореляційної спектроскопії на апараті FS-100 фірми “Каяні”.

- Дослідження складу та структури лігніну виконували з застосуванням високоефективної рідинної хроматографії на колонці Shim-Pack GPC-800P (Shimadzu, Японія).

- Сорбційні властивості лігніну та вуглецевих матеріалів визначали титриметричним та спектрофотометричним методами.

- Дослідження показників міцності неорганічних та органічних композитів використовували фізико-механічні та хімічні методи.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Концепція сталого розвитку суспільства включає три напрями, а саме соціальний, економічний та екологічний, та має на меті забезпечення можливості задоволення потреб сучасного та майбутніх поколінь. Основна мета сталого розвитку в області екології – розробка ефективних технологій водоочищення для забезпечення ресурсоощадності виробництва товарів широкого споживання, до яких відноситься також і картонно-паперова продукція.

Паперова продукція – важлива складова сучасного життя. До неї відносять різноманітні види паперу та картону, зошити, щоденники, блокноти, альбоми для малювання, бланки тощо. Тому дуже важливо для економіки країни розвивати цей вид промисловості.

Вперше папір згадується у давніх китайських літописах. Тоді в якості сировини використовували бамбук та шовковичне дерево. У Європі папір з'явився лише у 11–12 столітті, замінивши папірус та пергамент. 1851 року у США було побудовано перший завод з виробництва целюлози. А у 1879 року німецький винахідник К.Ф. Даль змодельював новітній метод обробки деревини – сульфатне варіння, яке й досі є основним процесом отримання целюлози.

Починаючи з ХХ ст., виробництво паперу стало великою висококомеханізованою галуззю промисловості. Інженери невпинно працюють над розробкою нових спеціалізованих сортів паперу, покращення технології виробництва з метою зменшення шкідливих викидів та збільшення кількості готової продукції.

Найвідоміші підприємства України з виробництва паперової продукції:

- Київський картонно-паперовий комбінат – одне з найбільших підприємств Європи з виробництва картонно-паперової продукції. Основна сировина для виробництва – макулатура. Саме там виробляють папір та картон як сировину для виготовлення обкладинок для зошитів та блокнотів, картонних папок та інших канцтоварів.

- Коростишівська паперова фабрика – також великий виробник паперу в Україні, що знаходиться у Житомирській області. Тут налагоджено виробництво паперу, призначеного для письма, офісної техніки та виготовлення різноманітної друкованої продукції. До речі, фабрика використовує виключно вторинну сировину (макулатуру) для виробництва паперової продукції.

- Зміївська паперова фабрика, що знаходиться у Харківській області, виготовляє писальний, крафт-папір та папір для обкладинок.

Целюлозно-паперовою називають промисловість, метою якої є виробництво целюлози, паперу та картону, які в подальшому слугуватимуть сировиною для виготовлення паперової продукції.

Целюлозно-паперова промисловість є однією з галузей промисловості, яка є джерелом утворення великих обсягів токсичних за своєю природою стічних вод.

Паперові фабрики використовують у виробничих процесах велику кількість води (~30–60 м³ води для виробництва 1 т паперу), і, відповідно, утворюється величезна кількість хімічно забруднених стічних вод. У стічних водах паперової фабрики міститься велика кількість хімічних речовин, які використовуються на різних етапах виробництва паперу. Високий вміст завислих речовин в стічних водах обумовлений композицією паперу та картону, що виробляється.

Обсяги виробництва паперу та картону у світі щорічно зростають і на кінець 2018 року сягнули майже 420 млн т [26]. Китай є найбільшим у світі виробником паперу на сьогоднішній день з обсягом

виробництва 110 мільйонів тон у 2018 році. Друге місце посідають Сполучені Штати Америки, виробивши 72 млн т. В цілому Азія домінує у регіональному світовому виробництві паперу з часткою 47%. Виробництво пакувального паперу та картону неухильно зростає [27].

Відповідно, зростає споживання підготовленої води в технологічних процесах та утворення забруднених стічних вод від виробництва паперу та картону.

Що стосується сьогодення, то статистичні дані за 2020 рік свідчать про те, що обсяги виробництва паперу та картону в Європі склали 85,2 млн т, причому лише 45% від всього обсягу було виготовлено з первинного целюлозного волокна, а 55% з вторинних волокон – макулатури [28].

Прогнозується, що світовий попит на папір і картон зросте до 482 млн тон до 2030 році. Тобто приріст складатиме 1,1% на рік. Звичайно, що попит на папір залежить від його типу та регіону споживання. На сьогоднішній день ринок друкарського та газетного паперу стикається з величезними проблемами, пов'язаними з падінням їхнього споживання, через посилення діджиталізації суспільства. Згідно з дослідженням Рбугу, в основному попит на цигарковий папір, пакувальний папір і картон зростатиме до 2030 року. Зосереджуючись на регіональних ринках, аналітики стверджують, що попит на папір продовжуватиме зростати на ринках тих країн, що розвиваються, до яких також відноситься і Україна. Це пов'язано зі збільшенням населення, урбанізацією та розвитком середнього класу.

За інформацією асоціації «Укрпапір», на 23 лютого 2022 року в Україні працювало 33 фабрики з виробництва паперу та картону загальною потужністю понад 1,2 млн тон картонно-паперової продукції. Незважаючи на проектну виробничу потужність, галузь виробляла близько 1 млн тон картонно-паперової продукції, задовольняючи потреби різних підприємств у таропакувальних матеріалах, а також населення у виробках санітарно-гігієнічного призначення.

Загальне річне споживання картонно-паперової продукції в Україні оцінюється на рівні 1,2 млн тон, яке частково забезпечується імпортною продукцією. Внаслідок відсутності в Україні власного виробництва целюлози, як основну сировину галузеві підприємства змушені використовувати макулатуру [6].

Розвиток світової целюлозно-паперової промисловості має відбуватися із дотриманням принципу екологізації виробництв. У зв'язку з цим виділено декілька головних напрямків:

- 1) збільшення частки вторинних волокон у виробництві картонно-паперової продукції;
- 2) розвиток альтернативних джерел волокнистих матеріалів для виробництва паперу та картону;
- 3) зменшення викидів парникових газів, які в основному утворюються у результаті зміни

землекористування, виробництва волокнистих напівфабрикатів та паперу, а також утилізації побічних продуктів та відходів;

- 4) забезпечення чистого виробництва.

Щодо забезпечення чистого виробництва, то така необхідність пов'язана з тим, що целюлозно-паперова промисловість є одним із найбільших джерел забруднення водних об'єктів навколишнього середовища у світі, а також одним із найбільших споживачів прісної води (на виготовлення одного аркуша паперу формату А4 витрачається до 20 літрів води) та енергії (використовується 4% світової енергії). Стічні води целюлозно-паперових виробництв містять велику кількість хімічних речовин у розчинному та завислому стані, які характеризуються високою токсичністю, завдають шкоди екосистемам, біо-акумуляуються і, зрештою, потрапляють у харчовий ланцюг.

Загалом, виробництво паперу і картону із вторинних волокон зростає досить швидкими темпами – приблизно в два рази швидше, ніж виробництво паперу із первинних волокнистих напівфабрикатів, що обумовлено як економічними, так і екологічними факторами. Незважаючи на це, збільшення об'ємів використання макулатури стримується, з одного боку, поступовим погіршенням характеристик вторинного волокна, з другого – постійним підвищенням вимог до якості кінцевої продукції та підсіткових вод [29].

Головна відмінність макулатурних волокон полягає у початкових дещо нижчих паперотворних властивостях у порівнянні з первинними волокнами.

Внаслідок впливу ряду технологічних стадій підготовки волокнистої маси (розпуск, розмелювання) та виробництва паперу та картону (пресування, сушіння, обробка тощо), а також подальших процесів переробки (гофроутворення) волокна набувають нових фізичних та механічних властивостей, які є причиною погіршення паперотворних властивостей вторинного волокна.

Вторинні волокна характеризуються зниженою міцністю індивідуальних волокон, погіршеною здатністю до набухання, гідратації та фібрилювання, підвищеною схильністю до вкорочення, а також значною втратою здатності до утворення міжволоконних хімічних водневих зв'язків. В процесі повторної переробки макулатури відбувається наступне суттєве погіршення її паперотворчих властивостей [30].

Вторинні волокна значно відрізняються від первинних целюлозних волокон за своїми фізико-хімічними та морфологічними властивостями.

Поряд з цілими конвенційними волокнами є розірвані, роздавлені з поперечними тріщинами та волокнистий дріб'язок. Відбувається також розщеплення волокон вздовж осі волокна. Вторинні волокна можуть проходити декілька циклів переробки, в тому числі подрібнення та сушіння, у результаті чого їхня хімічна і фізична структура зазнає незворотних змін,

пов'язаних з руйнуванням більшість пор і капілярів, ороговінням поверхні волокна, що перешкоджає проникненню води всередину волокна, а значить його набухання.

Процеси ороговіння призводять до зменшення питомої поверхні волокна, що супроводжується частковою втратою здатності до утворення хімічних зв'язків, що є основною причиною погіршення фізико-механічних показників кінцевої продукції [31].

За своїм складом макулатурна маса є полідисперсною системою з підвищеним вмістом дрібних волокон. Наявність дрібних волокон та їхніх фрагментів зумовлює не тільки збільшення ступеня млива та погіршення зневоднення паперової маси на сітці папероробної машини, але й не дозволяє стабілізувати процес розмелювання для максимального відновлення паперотворних властивостей вторинних волокон.

Крім того, дрібні волокна мають слабку здатність до утворення міжмолекулярних водневих зв'язків і при формуванні паперового листа зменшують механічне зчеплення волокон, що в цілому призводить до зниження показників міцності готової продукції та до забруднення підсіткових вод [32].

Підприємства паперової галузі мають значний вплив на водні об'єкти навколишнього середовища і потребують розробки та впровадження ефективних технологій локального та загальнозаводського очищення стічних вод.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У дослідженні було використано:

- підсіткові води різного складу (завислі речовини – 1545–3230 мг/дм³; вміст сульфатів – 229–241 мг/дм³; хлоридів – 21,3–35,5 мг/дм³; нітратів – 2,0–3,1 мг/дм³; амоній – 1,8–2,9 мг/дм³; ХСК – 360–2080 мг/дм³; БСК₅ – 210–235 мг/дм³) від виробництва картону тарного макулатурного, витрата стічної води – 17 000–22 000 м³/доб, коефіцієнт нерівномірності – 1,3;
- модельні розчини синтетичних барвників (концентрації – 10–500 г/дм³);
- скоп з відстійника локальної системи очищення підсіткових вод у виробництві картону тарного макулатурного із вмістом сухих речовин 16,2 г/дм³ та зольністю 30,5%.

Характеристики хімічних речовин та реагентів, що використовувались у дослідженнях для визначення показників якості вихідних сировинних матеріалів, одержаних цільових продуктів, побічних продуктів та відходів, одержання паперу та картону, модифікування крохмалю, одержання первинних целюлозних волокон, локального водоочищення, визначення структурних та сорбційних властивостей лігніну.

Розпуск та розмелювання волокнистих напівфабрикатів виконували відповідно до загальноприйнятих методик. Волокнисті напівфабрикати спочатку замочували на 15–20 хв, потім піддавали розпуску

в гідророзбивачі і далі розмелювали на дисковому млині, які входять до складу лабораторного розмелювального комплексу ЛРК-1 [16]. Ступінь млина волокнистих напівфабрикатів визначали на апараті СР-2 типу Шоппер-Рігlera.

Для приготування відливок використовували композиції з макулатурної маси з витратою скопу від 15 до 50% від маси вторинного волокна та з різною витратою флокулянтів. Дозу флокулянту варіювали в межах 0,025–0,3%. Інтервали між додаванням компонентів до основної маси були не менше 5 хв. Після складання композиції масу витримували протягом 10 хв за постійного перемішування. В лабораторних умовах зразки паперу та картону виготовляли на листовідливному апараті ЛА-1 на сітці № 40 з використанням первинних та вторинних волокон як вихідної сировини. Кожну відливку маркували, зважували та, за необхідності, робили перерахунок об'єму волокнистої суспензії для одержання відливок необхідної маси для досягнення заданої маси 1 м².

Для визначення фізико-механічних показників волокнистих напівфабрикатів з НДРС, целюлозні продукти розмелювали в лабораторному центробіжному розмелювальному апараті за концентрації маси 6% до 60±2 оШР, після чого виготовляли відливки масою 75±1 г/м².

Для вивчення впливу вмісту целюлози зі стебел НДРС на фізико-механічні показники писального паперу в лабораторних умовах виготовляли зразки паперу масою 80 г/м² за різного співвідношення целюлози з недревної сировини та сульфатної вибіленої целюлози з хвойних порід деревини у%: 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 та 0:100. Для проклеювання використовували каніфольний клей, зольність зразків писального паперу не менше 6%, ступінь проклеювання не менше 1,25 мм.

Схема технології одержання карбонізованих матеріалів є традиційною і передбачає використання системи піролізного обладнання. Капітальні витрати на облаштування даного виробництва в системі, наприклад, ТОВ «Коростишівської паперової фабрики» складають 2400000 грн. Експлуатаційні витрати, які враховують амортизаційні відрахування на основні фонди, вартість сировинних та енергетичних ресурсів, заробітну плату персоналу, витрати на поточний ремонт ті заміну деталей та обладнання, що швидко зношується, складають 1073194 грн. За умов переробки 50 тис. тон соломи злакових і олійних культур на рік собівартість виробництва 1 тони карбонізованого матеріалу складає 183 грн. Вартість промислових вуглецевих сорбентів досить сильно варіюється в широкому діапазоні, в залежності від типу матеріалу, що використовується для піролізу.

ВИСНОВКИ

Впровадження локальної системи очистки стічних вод на ТОВ «Коростишівська паперова фабрика»

є важливим кроком для зменшення негативного впливу виробництва на довкілля. Очікується, що реалізація цього проекту призведе до:

1. Поліпшення якості водних ресурсів;
2. Зменшення ризиків для здоров'я населення;
3. Покращення іміджу підприємства;
4. Зменшення витрат на утилізацію відходів.

У результаті виконаних теоретичних та експериментальних досліджень створено та поглиблено наукові основи ресурсоефективних комплексних технологій очищення підсіткових вод виробництва ТОВ «Коростишівської паперової фабрики» для забезпечення раціонального водокористування та ресурсозбереження на підприємстві целюлозно-паперової галузі.

REFERENCES

- [1] Societas «Ukrpapiр». Retrieved from: <https://chytomo.com/v-ukrainikhochut-zminyty-umovy-zaborony-importu-paperovoi-produktsii>
- [2] Movchaniuk, O.M., & Ploskonos, V.G. (2019). Laboratorium officina in disciplina «Paper et cardboard technology»: disciplina. manuale pro specialitate 161 «technologiae chemicae et machinalis». [Laboratory workshop in the discipline «Paper and cardboard technology»: training. manual for specialty 161 «Chemical technologies and engineering»]. Kyiv: KPI dictus est. Igor Sikorskyi. 90 p.
- [3] Barbash, V.A. (2016). Innovativae technologiae plantae resource conservationis: Study guide. [Innovative technologies of plant resource conservation: Study guide]. Kyiv: Karavela, 288 p.
- [4] Charta et charta vasta cardboard. Conditions technicae. [Waste paper and paperboard. Technical conditions: DSTU 3500:2019. [Valid from 2020–07–01]]. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2019. IV, 11 p. (National Standard of Ukraine).
- [5] Halysh, V.V. (2022). Studium processuum ad purgandas aquas sub-eget pro reuse in pulpa et charta industria. [Study of processes for cleaning sub-grid waters for reuse in the pulp and paper industry]. *Bulletin of KhNU. Series: «Technical Sciences»*. № 5(297). P.128–133.
- [6] DSTU GOST ISO 287:2018. Charta et cardboard. Determinatio producti humiditatis in batch. [DSTU GOST ISO 287:2018. Paper and cardboard. Determination of product humidity in the batch].
- [7] Productio voluminis chartarum et cardboard terrarum ab MMVIII and MMXVIII [Electronic resource]. Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/270314/global-paper-and-cardboard-production/>
- [8] State of The Global Paper Industry MMXVIII. Retrieved from: https://environmentalpaper.org/wpcontent/uploads/2018/04/StateOfTheGlobalPaperIndustry2018_FullReport Final-1.pdf
- [9] Pulpam et Chartam Industry in MMXX. Retrieved from: <https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2021/07/Key-Stats-2020-FINAL.pdf>
- [10] Pivnenko, K. Charta vasta redivivus: Overview et identificatio substantiarum criticarum potentialiter. *Vastum procuratio. mmxv*. № XLV. R. 134–142.
- [11] Vieira MGA, Rocha SCS. Condiciones siccitatis valent in proprietatibus physicis chartae REDIVIVUS. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification. mmxvii*. № 46(10). R. 955–963.
- [12] Salam AA nova cellulosa nanocrystal fundata accessus ad emendandas proprietates mechanicas chartae REDIVIVUS. *ACS Chemistry Sustainable & Engineering. mmxiii*. № 1(12). R. 1584–1592.
- [13] Nano fibrillated cellulose as an additive for recycled paper. *Cerne*. 2018. № 24. P. 140–148.
- [14] Diploma ambientale pro 2023 regionis Zhytomyr. [Environmental passport for 2023 of Zhytomyr region.]. Retrieved from: https://eprdep.zht.gov.ua/Ekopasport_2021.pdf (appellationis date 12/28/2024)
- [15] Korenetskyi, O.V., & Demchuk, L.I. (2024). «Environmental taxatio executionis systematis wastewater curationis localis LLC «Korostyshivska charta officinarum». [Environmental assessment of the implementation of the local wastewater treatment system LLC «Korostyshivska paper factory». *Abstracta collationis scientificae All-Ucrainae altioris educationis graduati et iuvenum phisicorum "Salus et rationalis naturae administratio"*, die 14 Novembris 2024. Zhytomyr: Zhytomyr Polytechnic, 285 p.
- [16] Ableeva, I. Yu. (2020). SWOT analysis status inceptis socio-oeconomicis et oecologicis: praelectiones. [SWOT analysis of the socio-economic and ecological state of enterprises: lecture notes]. Sumy: Sumy University, 233 p.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Асоціація «Укрпапір». URL: <https://chytomo.com/v-ukrainikhochut-zminyty-umovy-zaborony-importu-paperovoi-produktsii>
- [2] Мовчанюк, О.М., & Плосконос, В.Г. (2019). Лабораторний практикум з дисципліни «Технологія паперу та картону»: навч. посіб. для спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 90 с.
- [3] Барбаш, В.А. (2016). Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження: Навчальний посібник. Київ: Каравела, 288 с.
- [4] Макулатура паперова й картонна. Технічні умови : ДСТУ 3500:2019. [Чинний від 2020–07–01]. Київ : Держспожив-стандарт України, 2019. IV, 11 с. (Національний стандарт України).
- [5] Галиш, В.В. (2022). Вивчення процесів очищення підсіткових вод для повторного використання в целюлозно-паперовій промисловості. *Вісник ХНУ. Серія: «Технічні науки»*. № 5(297). С. 128–133.

- [6] ДСТУ ГОСТ ISO 287:2018. Папір та картон. Визначення вологості продукції в партії.
- [7] Production volume of paper and cardboard worldwide from 2008 to 2018 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/270314/global-paper-and-cardboard-production/>
- [8] State of The Global Paper Industry 2018. URL: https://environmentalpaper.org/wpcontent/uploads/2018/04/StateOfTheGlobalPaperIndustry2018_FullReportFinal-1.pdf
- [9] Pulp and Paper Industry in 2020. URL: <https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2021/07/Key-Stats-2020-FINAL.pdf>
- [10] Pivnenko, K. (2015). Waste paper for recycling: Overview and identification of potentially critical substances. *Waste management*. № 45. P. 134–142.
- [11] Vieira, M.G.A., & Rocha, S.C.S. (2017). Drying conditions influence on physical properties of recycled paper. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*. № 46(10). P. 955–963.
- [12] Salam, A.A (2013). novel cellulose nanocrystals-based approach to improve the mechanical properties of recycled paper. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. № 1(12). P. 1584–1592.
- [13] Nano fibrillated cellulose as an additive for recycled paper. *Cerme*. 2018. № 24. P. 140–148.
- [14] Екологічний паспорт за 2023 рік Житомирської області. (2021) URL: https://eprdep.zht.gov.ua/Ekopasport_2021.pdf (дата звернення 28.12.2024)
- [15] Коренецький, О.В., & Демчук, Л.І. (2024). «Екологічна оцінка впровадження локальної системи очистки стічних вод ТОВ «Коростишівська паперова фабрика». Тези Всеукраїнської наукової конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Екологічна безпека та раціональне природокористування» 14 листопада 2024 року. Житомир : Житомирська політехніка, 285 с.
- [16] Аблєєва, І.Ю. (2020). SWOT-аналіз соціо-економіко-екологічного стану підприємств : конспект лекцій. Суми: Сумський державний університет, 233 с.

© Демчук Л. І., Алпатова О. М., Курбет Т. В.
Дата надходження статті до редакції: 14.02.2025
Дата затвердження статті до друку: 23.02.2025