

Бояринова К.О.

*д.е.н., доцентка, доцентка кафедри менеджменту,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Boiarynova Kateryna

*National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5879-2213>

Федорова Ю.І.

*магістрант,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Fedorova Yuliia

*National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Давиденко В.В.

*к.е.н., доцент, доцент кафедри логістики,
Національний авіаційний університет*

Davydenko Volodymyr

National Aviation University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8419-4636>

МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ ЕКОЛОГІСТИКИ ДО РОЗВИТКУ БЕЗВІДХОДНОГО ВИРОБНИЦТВА ПІДПРИЄМСТВ

METHODS AND APPROACHES OF ECOLOGICS IN THE DEVELOPMENT OF WASTE-FREE PRODUCTION OF ENTERPRISES

Анотація. Статтю присвячено розгляду підходів та обґрунтування методів екологістики до розвитку безвідходного виробництва підприємств в інтеграційних умовах обмеженості ресурсів та екологізації промисловості. Обґрунтовано, що утворення відходів за різними видами економічної діяльності зумовлює необхідність безвідходного виробництва. Уточнено, що за використання напівзамкненого циклу виробництва активізації потребують зовнішні логістичні процеси. Проаналізовано доцільність використання виробничих процесів із замкнутим циклом. Запропоновано поділяти потоки надходження відходів до підприємства за типологією продуктових напрямів. Виявлено зміну внутрішньої логістики підприємств, у тому числі розширення завдань складської логістики. Обґрунтовано потребу формування нових ланцюгів постачання на підприємстві: від цехів до складів вторинної сировини; до сортувальних цехів та розподілу відновлювальних матеріалів; зовнішніх ланцюгів постачання іншим підприємствам у разі невідповідності відходів потребам. Розглянуто рекурсивну логістику як інструмент забезпечення обслуговуючих процесів безпечного функціонування підприємств.

Ключові слова: безвідходне виробництво, логістика, екологістика, замкнені ланцюги постачання, підприємство.

Постановка проблеми. Із посиленням конкурентної боротьби, певних обмежень із постачанням ресурсів унаслідок пандемії та карантинних заходів, підвищення схильності більшості підприємств розвинених країн світу до екологізації виробництв і соціальної відповідальності набуває вагомого значення застосування методів та підходів екологістики. Сталлий розвиток як прогресивний напрям відтворення ресурсів визначає певні умови функціонування підприємств, орієнтуючи їх на використання відходів у повторному створенні продукції та становленні виробництв із замкнутим циклом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Екологістика як ключовий напрям розвитку та забезпечення стійкого функціонування промислових підприємств перебуває у руслі досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців. Ця проблематика активно розвивається з початку 1960 р. Як досліджує Б.Д. Гречін, на початку наряду назріло питання щодо переробки та утилізації відходів, яке формувало основний концепт аж до 1990 р. [1]. Утилізація відходів та пов'язані з нею логістичні процеси ставала дедалі наростаючою проблемою минулого століття, що спонукало вчених шукати нові можливості вирішення поставлених завдань. Сучасний концепт наукового пошуку здебільшого формується не навколо безпосередньо утилізації відходів, а поглиблення теоретичних та практичних

положень, методик та підходів до їх використання як ресурсу, який має корисні властивості у ракурсі використання з подальшим отриманням доходу. Такий зміст формується завдяки пошуку застосування методології сталого розвитку, а згодом і наукових підходів у межах циркулярної економіки, у тому числі для промислових підприємств. У таких контекстах сутність, понятійний апарат та сучасні трактування термінів «екологістика» та «екоперевезення» розглядають Я.Р. Корнійко, Н.О. Валявська [2]. Р.М. Вороніна підкреслює, що логістика стосується не лише економічних проблем підприємств, а й питань, пов'язаних із необхідністю врахування проблем суспільства та охорони довкілля, а також пропонує вирішувати проблему управління відходами за допомогою екологічної логістики, та її напрямку – рециркування [3]. О.Б. Мних, Б.Д. Гречин розкривають роль логістики у стратегічному розвитку підприємства та в досягненні його економічних, соціальних та екологічних цілей, визначаючи тісні взаємозв'язки на різних рівнях управління економікою під час упровадження енергоощадних технологій у сфері постачання, виробництва і збуту [4]. Концепцію безвідходного виробництва у своїх працях розглядають Т.П. Ткаченко, С.О. Кириченко, Ф.Н. Аларікі, вважаючи метою безвідходного виробництва перетворення всієї сировини, що надійшла на підприємство, її залишків, а також відходів, отриманих у процесі виробництва, на готову продукцію, здатну приносити дохід [5]. Здебільшого науковці приділяють увагу питанням формування зелених ланцюгів постачання. Зокрема А. Россоловим, А. Лобашовим, Д. Копитковим, А. Боцманом, С. Лифенко запропоновано двохшаровий зелений ланцюг постачання з використанням транспорту з нульовим викидом CO₂ [6]. Ю. Вертаковою, А. Казанцевою, В. Плотніковим проаналізовано зелені ланцюги постачання як інноваційний інструментарій ведення бізнесу [7]. Закордонні дослідники також активно приділяють увагу розглядуваній проблематиці. Л. Яньбо (L. Yanbo), Л. Сунсянь (L. Songxian) науковий пошук ведуть у напрямі «зеленої логістики», вважаючи його новим напрямом у сфері забезпечення зменшення забруднень, підвищення ефективності та раціональності використання логістичних ресурсів [8]. Л. Кох (L. Koh), Ф. Біркін (F. Birkin), Л. Левіс (L. Lewis) А. Кашман (A. Cashman) вирішують проблеми сталого виробництва, ланцюгів екопостачання та екологістики в системі сталого розвитку [9]. Науковцями також визначаються методи оцінювання екологічної логістики та її моделювання у досягненні оптимальних результатів. Зокрема В. Ду (W. Du), С. Чжоу (X. Zhou), Ч. Ван (C. Wang) і Д. Ронг (D. Rong) розробляють модель екологічної логістики через екологічну логістику, гнучку логістику, оощадливу логістику, зворотну логістику, логістику захисту навколишнього середовища, логістику вторинної переробки, екологічно чисте виробництво та інші форми логістики на тлі електронної комерції [10]. Таким чином, у дослідженнях науковців можна виділити три конструктивних лінії: 1) впровадження екологістики загалом для становлення системи забезпечення сталого розвитку; 2) розвиток зелених ланцюгів постачання; 3) розвиток циркулярних ланцюгів постачання. Останній напрям потребує подальшого різноаспектного наукового пошуку, враховуючи те, що рециклінг та безвідходне виробництво потребують зовсім інших підходів, аніж наявні як у традиційній логістиці, включаючи складську, так і у конфігурації зовнішніх та внутрішніх ланцюгів постачання.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на рівень внеску науковців у розвиток тео-

рії, методології та практичних апробувань у напрямі екологістики, значна кількість питань залишається відкритими, зокрема питання щодо використання екологістики у розвитку безвідходного виробництва промислових підприємств, замкнених циклах виробництва, циркулярних та замкнених ланцюгах постачання.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є розгляд підходів та обґрунтування методів екологістики у розвитку безвідходного виробництва підприємств в інтеграційних умовах обмеженості ресурсів та екологізації промисловості.

Виклад основного матеріалу. Одним із вагомих напрямів екологістики є вирішення проблемного питання поводження з відходами, що у сучасній системі виробничих процесів недостатньо вирішене на вітчизняних підприємствах. Хоча загалом у промисловості і спостерігається певне падіння утворення відходів у 2019 р., проте це пов'язано з певними скороченнями обсягів виробництва на підприємствах, аніж із приділенням уваги безвідходному виробництву чи застосуванню екологістики. Переважно скорочення утворення відходів у переробній промисловості було забезпечене їх зниженням на підприємствах виробництва харчових продуктів, напоїв та тютюнових виробів (рис. 1). За іншими видами економічної діяльності спостерігалися незначні коливання. При цьому на підприємствах текстильного виробництва, виробництва одягу, шкіри, виробів зі шкіри та інших матеріалів, машинобудування утворення відходів мало тенденцію до зростання.

Ураховуючи зазначене, вітчизняні підприємства потребують активного запровадження екологістики, особливо у сфері розвитку безвідходного виробництва. Із цією метою у світовій практиці існує низка методів, які можуть бути впроваджені та застосовані. Насамперед до таких методів можна віднести використання виробничого процесу напівзамкненого циклу [12]. Згідно з ними, підприємство має можливість використовувати у виробництві власних товарів сировину, утворену з перероблених товарів, що були у вжитку. До таких дій удаються й відомі виробники зокрема: Adidas разом з організацією Parley for the Oceans випустив колекцію кросівок із переробленого поліестеру, зібраного в океані у берегів Мальдівських островів; Каліфорнійська компанія Vireo розпочала в Чилі програму Net зі збирання рибальських сіток, які вона переробляє на сонцезахисні окуляри, скейтборди, фрісбі та інші товари для спорту і туризму [13], а також інші виробники, наведені в табл. 1.

Варто зазначити, що використання такого виробничого циклу змінює конфігурацію ланцюгів постачання у зовнішньому бізнес-просторі. Зовнішні логістичні процеси потребують розширення та додавання ланцюгів із підприємствами, що здійснюють діяльність зі збирання, сортування та переробки сміття. Зокрема, з такими організаціями, як [3; 14]:

- підприємства, що збирають і транспортують відходи;
- сортувальні заклади відходів, які відповідають за правильну підготовку відходів;
- рециклінгові заклади, які здійснюють перетворення відходів і відповідають за правильне перетворення і мінімізацію побічних ефектів рециклінгу відходів, продаж результатів процесів повторної переробки і документацію, що процеси були проведені правильно, а отримані продукти є повноцінними;
- звалища відходів, які відповідають за недопущення до складування на теренах звалищ відходів, які становлять цінну сировину на вході для процесу рециклінгу.

З іншого боку, підприємства потребують створення нових складських приміщень для сировини нового типу та з особливими вторинними характеристиками.

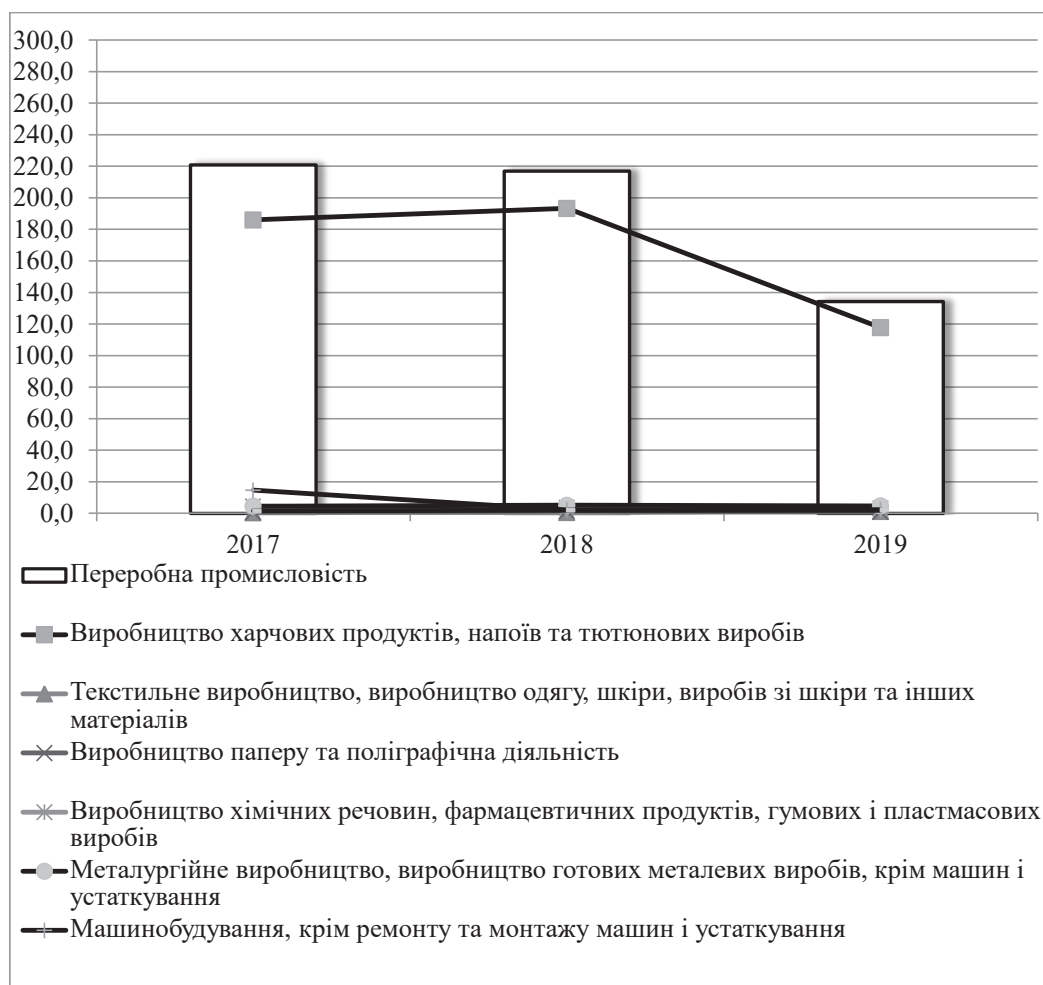


Рис. 1. Утворення відходів за видами економічної діяльності та в домогосподарствах України у 2017–2019 рр., тис т

Джерело: складено за даними [11]

Іншим методом є застосування виробничих процесів із замкнутим циклом (англ. Closed loop production – CLP) [12; 15; 18], що передбачають повторне використання сировини та матеріалів, які підприємство отримує шляхом реалізації основного виробничого циклу (рис. 2). У такому разі внутрішня логістика змінюється. Запровадження використання підприємством власних побутових чи виробничих відходів у процесах виробництва або створення сировини для екологічної

продукції додатково стимулює розвиток складської логістики та переміщення відходів між цехами підприємства.

Відомі компанії, зокрема Nike, активно застосовують такі напрями у виробництві. Понад 75% усіх виробів Nike містили перероблений текстиль [16]. Nike також запустила програму Nike Waste Minimum Program, яка встановлює очікування щодо зобов'язань з управління, створює ієрархію відходів, де утилізація є крайнім засобом, деталізує поділ та поводження з відхо-

Таблиця 1

Приклади напівзамкненого циклу виробництва

Компанія	Виробництво товарів за напівзамкненим циклом
Rothys	Виготовляють взуття, повністю виготовлене з переробленого пластикового волокна для пляшок
Everlane	Випустили три деталі верхнього одягу з переробленого пластикового волокна під назвою ReNew
4Ocean	Компанія з виробництва браслетів, яка виготовляє браслети (і пляшки тощо) з переробленого пластику, але це також допомагає виводити пластмаси з наших океанів
Doris Sleep	Запуск подушки на ліжку, що повністю фокусується на переробці з переробленого пластикового волокна (більшість подушок виготовлені з нержавіючої пластмаси)
Girlfriend Collective	Стартап, який починає займатися спортом для дозвілля, відомий своїм доступним спортивним одягом, виготовленим із перероблених пластмас, таких як пляшки та рибальські сітки
Allbirds	Найбільш відомий своєю стійкістю в інших матеріалах з основною колекцією, виготовленою з меринової вовни, з целюлози евкаліпта; нещодавно випущені шльопанці, виготовлені з першої вуглецево-негативної піни EVA із цукрової тростини. Компанія також виготовляє шнурки зі 100% перероблених пластикових пляшок

Джерело: складено на основі [12]

дами для переробки та забезпечує збір даних та звітування для підзвітності [16]. The Billie Upcycling Innovation у своїй практиці застосовують певну систему, і хоча більшість процесів переробки вимагає великих обсягів води та хімічних речовин для отримання корисних ниток, система «Біллі» поєднує нові та існуючі технології для створення безводного рішення для переробки текстильних відходів, що знижує шкідливий вплив на навколишнє середовище [17]. Їхня система є механічною, не споживає воду та не створює хімічних відходів [17].

Загалом системи виробництва із замкнутим циклом для підприємства мають перевагу не тільки з погляду зменшення впливу виробничої діяльності на навколишнє середовище, а й економії витрат завдяки безвідходному виробництву.

Системи із замкнутим циклом розглядається як повністю автоматична система управління, оскільки вона спроектована так, щоб досягнутий результат автоматично порівнювався з контрольним введенням для отримання необхідного вихідного продукту [18]. За цією системою підприємства використовують вживані матеріали для виробництва нових продуктів. Тобто за використання циклів із замкнутим виробництвом матеріали та продукти можна застосувати повторно, що виражається у зворотному виробничому потоці. Ці потоки доцільно поділити на три напрями:

- кінцеві продукти, які не зношені і можуть бути спрямовані на неповну переробку з повним використанням або використанням певних компонентів (комплектуючих);

- продукти, які не підлягають повторному використанню і можуть бути або перероблені, або утилізовані;

- продукти, які не були використані в результаті браку, морального старіння на складах тощо й які можуть використовуватися у тому ж або в іншому напрямі виробництва.

На виробничих підприємствах поводження з такими продуктами може бути здійснено на основі трьох підходів [19]:

- повторне використання: процеси перероблювання відновлюваного матеріалу зазвичай складаються з декількох етапів, спрямованих на відокремлення різних матеріалів, що містяться у продукті;

- перевиробництво: перевиробництво визначається як відновлення використаного товару до такого ж нового стану щодо якості шляхом заміни компонентів або переробки використаних деталей;

- переробка: повторне використання можна визначити як дію повторного включення продукту в подальшу фазу експлуатації, не враховуючи того факту, що продукт міг уже досягти запланованого терміну служби.

Такі зміни у виробничо-економічній діяльності підприємств породжують зміну ланцюгів постачання та орієнтують підприємства на все активніше застосування циркулярного та замкнутого ланцюгів постачання. Використання системи із замкнутим циклом виробництва потребує формування нових ланцюгів постачання на підприємстві, зокрема: ланцюгів постачання від складів вторинної сировини; ланцюгів постачання від складів вторинної сировини до сортувальних цехів та розподілу відновлювальних матеріалів; зовнішніх ланцюгів постачання від підприємства до інших підприємств у разі невідповідності отриманих відходів потребам підприємства.

Окрім того, у практиці підприємств, які застосовують систему замкнутого циклу, передбачається використання низки екологічних систем обробки матеріалів [20]:

1) система поводження з матеріалами у виробничій і первинній камері вимагає низької гнучкості в маршрутизації з про-

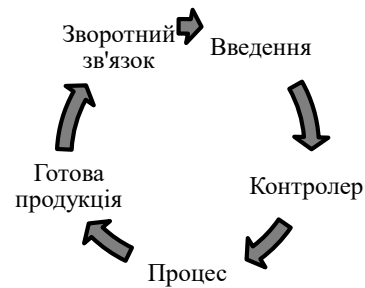


Рис. 2. Замкнутий цикл виробництва

Джерело: складено за [15]

міжними транспортними можливостями (тобто часте і коротке перевезення між процесами);

2) система обробки матеріалів серед осередків, що утворюють одну групу в цеху, вимагає проміжної гнучкості в маршруті з високою транспортною здатністю (тобто часті та на середні відстані перевезення між камерами);

3) система обробки матеріалів між кожною камерою цеху та підлогою складу вимагає високої гнучкості в маршрутизації, сортуванні та зберіганні з високою транспортною здатністю (тобто менш часті та невеликі обсяги перевезень) [20].

У контексті вищезазначеного популярності набуває застосування реверсивної логістики, а саме управління реверсивними потоками для відновлення вартості товару та отримання додаткового прибутку. У межах реверсивного інструментарію можна виділити два ключові напрями: матеріальний та інформаційний. Інформаційна реверсивна логістика спрямована на роботу зі скаргами, штрафами і фінансовими операціями. Матеріальна реверсивна логістика передбачає вилучення та повернення дефектної продукції, вторинне використання тари та упаковки, перепродаж залишків виробництва, гарантійне обслуговування тощо.

Виробничі підприємства, які зорієнтовані на мінімізацію витрат, можуть запроваджувати різні підходи до реверсу логістичних потоків, а саме: закуповувати спеціалізований транспорт для перевезення відходів; оптимізувати транспортні маршрути від місць збору до місць переробки, утилізації та/або захоронення відходів, унаслідок чого будуть мінімізовані витрати на їх перевезення; оптимально утилізувати відходи, які можуть бути повторно використані; оперативно знешкодувати та захоронувати відходи, які не можуть бути утилізовані [21]. Саме за поширення використання реверсивної логістики в промисловості можна активізувати в Україні процеси розвитку циркулярної економіки. Така економіка є, перш за все, ощадною стратегією, зорієнтованою на скорочення використання повсякденних ресурсів та перехід на відновлювальні матеріали, які можна використовувати повторно.

Отже, вітчизняним підприємствам доцільно переходити на циркулярну систему виробництва, підвищувати якість та тривалість експлуатації продукції, приділяти увагу власним відходам і розцінювати їх як сировину для вжитку у виробництві або ж продажу іншим підприємствам. При цьому доречно інтенсифікувати процеси налагодження системи екологістики та замкнених ланцюгів постачання.

Висновки і пропозиції. Безвідходне виробництво є не лише соціальним контекстом розвитку підприємств, а й економічно ефективним. Незважаючи на наявність витрат на стадії впровадження, система використання вторинної сировини, а

особливо відходів власного виробництва, формує нові конкурентні переваги підприємству, створюючи додаткові джерела отримання ресурсів в умовах їх обмеження. Обслуговуючі процеси, які забезпечуються через екологістику, циркулярні та замкнені цикли постачання дають змогу підприємствам реалізувати безперерйне функціонування.

Література:

- Гречин Б.Д. Екологістика як перспективний напрямок розвитку підприємства: закордонний досвід. *Сталий розвиток економіки*. 2013. № 4. С. 213–219.
- Корнійко Я.Р., Валявська Н.О. Понятійний апарат та етапи розвитку екологістики. *Економіка та держава*. 2019. № 1. С. 43–46. DOI: 10.32702/2306-6806.2019.1.43
- Вороніна Р.М. Логістика рециклінгу. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Логістика*. 2008. № 623. С. 28–33.
- Мних О.Б., Гречин Б.Д. Стратегічна роль екологістики в розвитку підприємства в умовах поглиблення екологічної кризи в Україні. *Економічний аналіз*. 2016. Т. 23. № 2. С. 108–118.
- Ткаченко Т.П., Кириченко С.О., Аларікі Ф.Н. Концепція безвідходного виробництва як фактор підвищення прибутковості підприємства. *Агросвіт*. 2018. № 9. С. 60–63.
- Двухэшелонная зеленая цепь поставок для городских перевозок грузов / А. Россолов и др. *Наука и техника*. 2019. Т. 18. № 6. С. 495–503. DOI: 10.21122/2227-1031-2019-18-6-495-503
- Вертакова Ю., Казанцева А., Плотноков В. Управление зеленой цепью поставок как инструмент трансформации экономики в условиях перехода к концепции устойчивого развития. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2020. Vol. 6. № 2. P. 37–56.
- Yanbo L., Songxian L. The Forms of ecological logistics and its relationship under the globalization. *Ecological Economy*. 2008. № 4. P. 290–298.
- Current issues of sustainable production, eco-supply chains and ecologistics for sustainable development / L. Koh et al. *International Journal of Global Environmental Issues*. 2007. Vol. 7. Issue 1. URL: <https://www.inderscienceonline.com/doi/pdf/10.1504/IJGENVI.2007.012077>. DOI: 10.1504/IJGENVI.2007.012077 (accessed 13 October 2020).
- Research on ecological logistics evaluation model based on BCPSGA-BP neural network / W. Du et al. *Multimed Tools Appl*. 2019. Vol. 78. P. 30271–30295. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-018-6872-x>. DOI: 10.1007/s11042-018-6872-x (accessed 14 October 2020).
- Державна служба статистики України. 2020. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 03.10.2020).
- Wallace T. Closed loop production: Sustainability across the supply chain. *The Future of customer engagement and experience* : вебсайт. 23.01.2020. URL: <https://www.the-future-of-commerce.com/2020/01/23/closed-loop-production/> (дата звернення: 23.09.2020).
- Бренди переробляють океанський пластик на унікальну продукцію. *Інформаційний простір сталого розвитку Responsible future* : вебсайт. 2019. URL: <https://responsiblefuture.com.ua/brendi-shho-pereroblyayut-okeanskij-plastik-na-unikalnu-produktsiyu/> (дата звернення: 15.09.2020).
- Krawczyk S., Michniewska K. Konceptje i strategie logistyczn. *Logistyka* 2005. № 6. S. 10–14.
- Closed-loop Systems. *Electronics Tutorials* : вебсайт. 2014. URL: <https://www.electronics-tutorials.ws/systems/closed-loop-system.html> (дата звернення: 29.09.2020).
- Nike Purpose: Building Supplier Capabilities in Environmental Management. *Purpose Moves Us: website*. URL: <https://purpose.nike.com/building-supplier-environmental-management> (дата звернення: 03.10.2020).
- The Billie Upcycling Innovation. *Thebillieupcycling* : вебсайт. 2019. URL: <https://thebillieupcycling.com> (дата звернення: 03.10.2020).
- Closed-Loop Control System. *The Billie Upcycling* : website. 2019. URL: <https://electronicscoach.com/closed-loop-control-system.html> (дата звернення: 13.09.2020).
- Reduce, Reuse, Recycle: what does it mean. *Ohiovalleywaste.com* : вебсайт. 2017. URL: <https://www.ohiovalleywaste.com/ohiovalley-waste-news/reduce-reuse-recycle-what-does-it-mean-3049> (дата звернення: 03.10.2020).
- Winkler H., Closed-loop production systems – A sustainable supply chain approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. 2011. P. 243–246. DOI: 10.1016/j.cirpj.2011.05.001
- Кочешкова І.М., Трушкіна Н.В. Реверсивна логістика промислових відходів. *Вісник економічної науки України*. 2018. № 2. С. 105–108.

References:

- Hrechyn B.D. (2013) Ekolohistyka yak perspektyvnyy napryamok rozvytku pidpryyemstva: zakordonnnyy dosvid [Ecology as a promising direction of enterprise development: foreign experience]. *Stalyy rozvytok ekonomiky*, no. 4, pp. 213–219.
- Korniyko J.R. and Valyavska, N.O. (2019) Poniatijnyj aparat ta etapy rozvytku ekolohistyky [The conceptual apparatus and stages of ecological development]. *Ekonomika ta derzhava*, no. 1, pp. 43–46. doi: 10.32702/2306-6806.2019.1.43
- Voronina, R.M. (2008) Lohistyka retsyklinhu [Recycling logistics], *Visnyk Natsional'noho universytetu "L'vivs'ka politehnika"*, no. 623, Logistics, pp. 28–33.
- Mnykh, O.B. and Hrechyn, B.D. (2016) Stratehichna rol' ekolohistyky v rozvytku pidpryyemstva v umovakh pohlyblennia ekolohichnoi kryzy v Ukraini [Strategic role of ecologistics in business development in the conditions of deepening of ecological crisis in Ukraine]. *Ekonomicznyj analiz*, vol. 23, no. 2, pp. 108–118.
- Tkachenko, T.P., Kyrychenko, S.O. and Alariki, F.N. (2018) Kontseptsii bezvidkhdnoho vyrobnyctva yak faktor pidvyschennia prybutkovosti pidpryyemstva [Concept of non-waste production as a factor of increasing the profitability of business enterprise]. *Ahrosvit*, no. 9, pp. 60–63.
- Rossolov, A., Lobashov, A., Kopytkov, D., Botsman, A. and Lyfenko S. (2019) Dvukheshelonnaia zelenaia tsep' postavok dlia horodskyykh perevozok hruzov" [Two-tier green supply chain for urban freight]. *Nauka y tekhnika*, vol. 18, no. 6, pp. 495–503. DOI: 10.21122/2227-1031-2019-18-6-495-503
- Vertakova Yu., Kazantseva A. and Plotnykov V. (2020) Upravlenye zelenoy tsep'iu postavok kak ynstrument transformatsyy ekonomyy v uslovyakh perekhoda k kontseptsyy ustojchyvoho razvytya [Green supply chain management as a tool for transforming the economy in the transition to the sustainable development concept]. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 37–56.
- Yanbo L., Songxian L. (2008) The Forms of Ecological Logistics and Its Relationship Under the Globalization. *Ecological Economy*, no. 4, pp. 290–298.
- Koh L., Birkin F., Lewis L. and Cashman A. (2007) Current issues of sustainable production, eco-supply chains and ecologistics for sustainable development. *International Journal of Global Environmental Issues*, vol. 7, issue 1. Available at: <https://www.inderscienceonline.com/doi/pdf/10.1504/IJGENVI.2007.012077> DOI: 10.1504/IJGENVI.2007.012077 (accessed 14 October 2020).
- Du, W., Zhou, X., Wang, C. et al. (2019) Research on ecological logistics evaluation model based on BCPSGA-BP neural network. *Multimed Tools Appl*, vol. 78, pp. 30271–30295. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-018-6872-x> DOI: 10.1007/s11042-018-6872-x (accessed 14 October 2020).
- State Statistics Service of Ukraine (2020). Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (accessed 3 October 2020).
- Wallace T. (2020) Closed loop production: Sustainability across the supply chain. *The Future of customer engagement and experience: website*. Available at: <https://www.the-future-of-commerce.com/2020/01/23/closed-loop-production/> (accessed 23 September 2020).
- Brendy pererobliaiut' okeansk'iy plastik na unikal'nu produktsiyu [Brands process ocean plastic into unique products] (2019) *Informatsijnyj prostir staloho rozvytku Responsible future: website*. Available at: <https://responsiblefuture.com.ua/brendi-shho-pereroblyayut-okeanskij-plastik-na-unikalnu-produktsiyu/> (accessed 15 September 2020).

14. Krawczyk, S., Michniewska K. (2005) Koncepcje i strategie logistyczne. *Logistyka*, no. 6, pp. 10–14.
15. Closed-loop Systems (2014) *Electronics Tutorials: website*. Available at: <https://www.electronics-tutorials.ws/systems/closed-loop-system.html> (accessed 29 September 2020).
16. Nike Purpose: Building Supplier Capabilities in Environmental Management (2019) *Purpose Moves Us: website*. Available at: <https://purpose.nike.com/building-supplier-environmental-management> (accessed 3 October 2020).
17. The Billie Upcycling Innovation (2019) *The Billie Upcycling: website*. Available at: <https://thebillieupcycling.com/> (accessed 12 September 2020).
18. Closed-Loop Control System (2019) *Electronic Coach: website*. Available at: <https://electronicscoach.com/closed-loop-control-system.html> (accessed 3 October 2020).
19. Reduce, Reuse, Recycle: what does it mean (2017) Ohio Valley Waste Service: *website*. Available at: <https://www.ohiovalleywaste.com/ohio-valley-waste-news/reduce-reuse-recycle-what-does-it-mean-3049> (accessed 3 October 2020).
20. Winkler H. (2011) Closed-loop production systems – A sustainable supply chain approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, pp. 243–246. DOI:10.1016/j.cirpj.2011.05.001
21. Kocheshkova, I.M. and Trushkina, N.V. (2018) Reversywna lohistyka promyslovykh vidkhodiv [Reversible logistics of industrial waste]. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, vol. 2, pp. 105–108.

Аннотация. Стаття посвящена рассмотрению подходов и обоснованию методов экологистики в развитии безотходного производства предприятий в интеграционных условиях ограниченности ресурсов и экологизации промышленности. Обосновано, что образование отходов по различным видам экономической деятельности предопределяет необходимость безотходного производства. Уточнено, что при использовании полужамкнутого цикла производства активизации требуют внешние логистические процессы. Проанализирована целесообразность использования производственных процессов с замкнутым циклом. Предложено разделять потоки поступления отходов к предприятию по типологии продуктовых направлений. Выявлено изменение внутренней логистики предприятий, в том числе расширение задач складской логистики. Обоснована необходимость формирования новых цепей поставок на предприятии: от цехов до складов вторичного сырья; к сортировочным цехам и распределению возобновленных материалов; внешних цепей поставок другим предприятиям в случае несоответствия отходов потребностям. Рассмотрена рекурсивная логистика как инструмент обеспечения обслуживающих процессов бесперебойного функционирования предприятий.

Ключевые слова: безотходное производство, логистика, экологистика, замкнутые цепи поставок, предприятие.

Summary. Sustainable development determines certain conditions for the functioning of enterprises, focusing them on the application of ecologistics. The article is devoted to the consideration of approaches and substantiation of ecologistics methods in the development of waste-free production of enterprises, taking into account limited resources and greening of industry. The theoretical and practical provisions of the use of waste as useful resources that can generate income are highlighted. The generation of waste by types of economic activity and in households of Ukraine is an issue with potential environmental hazard. This necessitates the use of waste-free production in the processing industry. The issue of using a semi-closed production cycle is considered. It is specified that its use requires external logistics processes with the additional supply chains to communicate with enterprises regarding waste collection and treatment. The expediency of using closed-cycle production processes by enterprises is analyzed in detail. It is offered to divide streams of waste receipt to the enterprise on typology of product directions: the final products that are not worn out and can be sent for incomplete processing with full use, or the use of certain components; products that are not reusable and can be recycled or disposed of; products that have not been used as a result of defects, obsolescence in warehouses, etc., and which can be used in the same or in another direction of production. The change of internal logistics of the enterprises, including expansion of tasks of warehouse logistics is revealed. It is substantiated that the use of a system with a closed production cycle requires the formation of new supply chains at the enterprise: from shops to warehouses of secondary raw materials; from warehouses of secondary raw materials to sorting shops and distribution of renewable materials; external supply chains from the enterprise to other enterprises, in case of non-compliance of the received waste with the needs of the enterprise. Recursive logistics is considered as a tool to ensure service processes of uninterrupted operation of enterprises.

Keywords: waste-free production, logistics, ecologistics, closed loop system, enterprise.