

Микола Єгорович Рогоза

д-р екон. наук, проф.

ORCID 0000-0002-5654-7385

e-mail: rogoza.ne@gmail.com,

Сергій Володимирович Кривенко

канд. екон. наук, доц.

ORCID 0009-0007-5971-2802

e-mail: svkryvenko@gmail.com,

Полтавський університет економіки і торгівлі

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ: ПЕРЕВАГИ, НОВІ ВИКЛИКИ ТА РИЗИКИ

Вступ. Сучасними трендами і пріоритетами розвитку системи управління відходами є цифрова економіка та штучний інтелект. Це актуалізує необхідність цілісного осмислення нових викликів та перспектив впровадження цифрових технологій і штучного інтелекту у систему управління відходами. Національна стратегія цифровізації та використання штучного інтелекту повинна бути побудована на прогресивних принципах інноваційності, цілісності, національної безпеки, технологічного суверенітету, бережливості та підтримки конкуренції. Інтеграція технологій цифрової економіки і штучного інтелекту у систему управління відходами революціонізує спосіб збору, утилізації, транспортування, переробки, знешкодження відходів, а також моніторингу та регулювання процесів, що відбуваються на кожному етапі. Це призводить до більш ефективних прийомів щодо впровадження цифрових технологій та логістичних процесів у систему управління відходами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні і практичні аспекти цифрової економіки і штучного інтелекту представлені у працях зарубіжних вчених серед яких можна визначити Е. Bacon, Е. Bucher, С. Lutz, С. Borher, J. Enpolm, М. Jacrahi, S. Rissel, N. Soni, F. Provost та інші. Також, дані дослідження проводять вітчизняні вчені серед них: О. Амоша, М. Барінов, Ю. Бондар, І. Васильковський, В. Вишневський, О. Вишневський, О. Гуцалюк, С. Коломієць, І. Козлова, В. Ляшенко, О. Новікова, Н. Панкратова, С. Рамазанов, О. Слободянюк, Н. Трушкіна, А. Шевченко та інші.

Однак, незважаючи на значну кількість наукових праць, поза увагою дослідників залишається можливість впровадження підходів цифрової економіки та штучного інтелекту у систему управління відходами.

Метою дослідження є обґрунтування і систематизація теоретичних і практичних шляхів впровадження цифрових технологій і штучного інтелекту у систему управління відходами.

Виклад основного матеріалу. У Законі України «Про управління відходами» визначено, що управління відходами — це комплекс заходів із збирання, перевезення, оброблення (відновлення, у тому числі сортування та видалення) відходів включаючи нагляд за такими операціями та подальший догляд за об'єктами видалення відходів [1]. Разом з цим, відходи можна охарактеризувати, як складну проблему, оскільки вона включає цілий ряд факторів соціо-еколого-економічного, інституційного, правового та технологічного характеру. Це вимагає формування значно складних засобів управління відходами, які базуються на зміні парадигми. Сучасні тенденції та пріоритети інноваційного розвитку системи управління відходами передбачають стратегічну спрямованість залучення штучного інтелекту і цифрових технологій у дослідження даної проблеми.

Незважаючи на існуючі наукові розробки та практичні підходи до системи управління відходами на сьогодні не існує теоретичних досліджень щодо забезпечення інноваційних змін в системі управління відходами у контексті впровадження цифрових технологій і штучного інтелекту.

В економічній літературі існує багато визначень поняття «цифрова економіка», які акцентують увагу на тому чи іншому аспекті. Складність визначення і інтерпретації цифрової економіки полягає в необмеженій кількості елементів, які можуть входити до її складу. Урахування найбільш важливих елементів дозволяє дати таке визначення: цифрова економіка — це господарська діяльність, ключовим фактором виробництва в якому є дані у цифровому форматі. Ця діяльність сприяє формуванню інформаційного простору з урахуванням потреб суспільств в отриманні якісних і достовірних даних, розвитку інформаційної інфраструктури, а також формування нової технологічної основи для соціо-еколого-економічної діяльності в системі управління відходами.

ЄС визначає цифрову економіку як результат трансформації нових інформаційно-комунікаційних



технологій. Під цифровою економікою, також, розуміють економіку, основним трендом ефективного розвитку якої є цифровізація. Аналіз різноманітних визначень цифрової економіки показує, що кожне з них виділяє лише деякі її особливості. Серед важливих особливостей цифрової економіки можна виділити наступні: висока швидкість і темпи розвитку; трансформація бізнес-процесів і скорочення витрат на їх реалізацію. Основними властивостями цифрової економіки є: мобільність, прозорість, комунікативність, автономність, мережева взаємодія та цифровізація. Необхідно відмітити, що цифровізація — це основа цифрової економіки, яка формує сучасний тренд світового розвитку.

В сучасних умовах термін "цифровізація" використовується у широкому та вузькому розумінні. Під цифровізацію в широкому сенсі розуміють глобальний тренд ефективного загальносвітового розвитку економіки і суспільства. Під цифровізацію у вузькому сенсі розуміють перетворення інформації у цифрову форму, яке в більшості випадків веде до зниження витрат. Можливості цифровізації формують цілісні технологічні екосистеми, платформи, в рамках яких користувач може створювати для себе технологічні, інструментальні, методичні і партнерські взаємовідносини, щоб вирішувати цілий ряд завдань.

Необхідно особливо виділити вплив цифровізації на національну економіку, наприклад, на використання інноваційних цифрових інформаційно-комунікаційних технологій, інтернету, мобільних і сенсорних мереж, можливостей роботи у режимі онлайн, на використання сучасних електронних каналів зв'язку.

Необхідно відмітити, що рівень процесів цифровізації на сучасному етапі розвитку економіки України потребує необхідності врахування ряду заходів з її розвитку: становленню сучасної цифрової економіки в Україні перешкоджають розриви в питаннях нормативно-правового забезпечення, недостатньо привабливе середовище щодо інноваційних проривів, низький рівень застосування цифрових технологій бізнес-структурами. Низький рівень інновацій і недостатньо сприятливе середовище для інноваційної діяльності є суттєвими бар'єрами щодо конкурентоспроможності України на глобальному цифровому ринку. Цифровізація визначає, також, ряд переваг для бізнесу, зокрема, прискорює комунікації і спрощує співробітництво, дозволяє швидко обмінюватись даними з усіма партнерами, потребує, при цьому, інтеграції технологій і процесів планування та прогнозування в системі управління. До конкретних технологічних переваг, що обумовлені цифровізацією можна віднести: не просто володіння сучасними інноваційними технологіями, а перехід на освідомлення потенціалу нових інновацій, що орієнтовані на розробку технологічного інтелекту (наприклад, з технологій управління даними). Управління великими масивами даних дозволяє вирішувати питання планування, прогнозування і управління підприємствами, в тому числі, системами управління відходами. При цьому, планування передбачає нові методи прогнозування, форсайт — технології на основі аналізу «великих даних», інтегроване управління підприємством. Виробництво передбачає контроль і автономне налаштування обладнання, прогнозування ремонтів, управління якістю.

За допомогою цифровізації та штучного інтелекту можна обробляти та аналізувати дані набагато швидше, ніж людина, виявляючи тенденції, закономірності та інформацію, яку інакше можна було б упустити. Це може призвести до більш обґрунтованого прийняття рішень і розробки стратегії, а також, значно заощадити час на обробці даних. Щодо реалізації аналізу даних і звітності, то існують інструменти, які дозволяють користувачам аналізувати великі та статистичні дані і створювати звіти. Ці інструменти можна використовувати для аналізу ринку, поведінки клієнтів, фінансової звітності тощо. Тому цифровізація представляє собою головний тренд сучасного інноваційного розвитку економіки і суспільства, заснований на переході до цифрової інформації. Особливістю цифрової інформації є властивості інформації, які представлені у можливості використання різноманітних принципів її інформаційної діяльності: пошук, зберігання, аналіз, повнота, обробка, в тому числі, копіювання і розповсюдження інформації без втрати її точності; багаторазове збільшення швидкості передачі інформації. Поява доступу до інформації призвела до необхідності якісної зміни технології її обробки. Виважене впровадження нових технологій інформатизації дає компаніям перевагу на ринку за умови швидкого реагування на зміни у конкурентному середовищі, адаптації до нових умов бачення інформаційно-комунікаційних технологій, як фактично єдиного засобу підвищення ефективності компанії на базі цифрової трансформації.

У міру розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) виникла можливість доступу до великих об'ємів інформації. Однак, у нових умовах інформатизації процесів ринку, використання існуючих методів інформаційної діяльності може привести компанію до цифрової кризи.

Цифрова криза вплинула на ефективність інформаційної діяльності в її традиційному вигляді. Подолати цифрову кризу дозволяє підхід до інформаційної діяльності, що передбачає використання технологій штучного інтелекту, який заснований на автоматизації обробки і аналізу інформації. Реалізація такого підходу у інформаційній діяльності є однією з складових систем управління відходами. При цьому, важливе значення має цифровізація процесів господарської діяльності, яка передбачає високу автоматизацію усіх процесів — виробничих, управлінських і комунікаційних, рівень яких визначають можливості їх цифровізації. Крім реалізації автоматизації, важливе значення має застосування нових інноваційних методів прийняття рішень, що засновані на цифровій трансформації інформації та наявності і використання електронного сховища достовірних даних. При цьому, аналітикам необхідно вибирати для аналізу лише найбільш значимі дані. Виникає потреба, також, у наявності окремих автоматизованих систем як бази для цифровізації. Одним з головних досягнень цифровізації є поява програмного забезпечення, що призначено для автоматизації аналізу даних і управлінської діяльності, яка може використовуватись на умовах аутсорсингу. При цьому, аналітики можуть самостійно описувати етапи аналізу даних, використовуючи графічні (віртуальні) інтерфейси. Такий клас програмних інструментів отримав назву «Low Code», що означає можливості їх використання без програмування.

Потреба у інноваційних рішеннях на основі цифрової трансформації може привести до впровадження і використання цифрових технологій у систему управління відходами, оптимізації бізнесу і технологічних процесів, скорочення витрат і появи нових джерел доходів. Тому, успішність системи управління відходами базується на інформації, яка доступна для фахівців, що приймають інноваційні рішення. Це підвищує ефективність, сталість у процесі прийняття рішень. При цьому, цифровізація створює можливості щодо системи управління відходами. Разом з цим, теоретичні і методологічні положення щодо системи управління відходами формують основу доступності до використання можливостей цифровізації, яка передбачає підвищення ефективності економічної діяльності підприємств з управління відходами.

У 2023 році 59% підприємств ЄС досягли базового рівня цифрової інтенсивності. Базовий рівень цифрової інтенсивності вимірюється індексом цифрової інтенсивності (DII), який передбачає використання 4-х із 12-и вибраних цифрових технологій. Індекс цифрової інтенсивності (DII) — це зведений показник, отриманий на основі опитування щодо використання ІКТ та електронної комерції на підприємствах. Оскільки кожна з 12 включених змінних має оцінку 1 бал, DII виділяє чотири рівні цифрової інтенсивності для кожного підприємства: кількість від 0 до 3 балів відповідає дуже низькому рівню цифрової інтенсивності, від 4 до 6 — низькому, від 7 до 9 — високому і від 10 до 12 балів — дуже високому DII. Згідно з однією з цілей цифрового десятиліття, понад 90% малих і середніх підприємств ЄС повинні досягти базового рівня цифрової інтенсивності до 2030 року. Найбільша частка підприємств, які досягли дуже високого рівня DII, була у Фінляндії (13,0%), Мальті (11,4%) та Нідерландах (11,0%). Між тим, країнами з найбільшою кількістю підприємств, що характеризуються дуже низькою цифровою інтенсивністю, були Румунія (72,1%), Болгарія (70,6%) і Греція (56,2%) [2].

Тренд цифровізації пов'язаний з серйозними викликами, так як питання формування цифрової економіки вже стали для держави питаннями її національної безпеки і конкурентоспроможності на світовому ринку. Небезпечними загрозами є: відсутність перспектив інноваційного розвитку, загроза державі та бізнесу, зростання масштабів комп'ютерної злочинності, відстань від провідних іноземних держав у розвитку конкурентоспроможних інформаційних технологій, недостатня ефективність наукових досліджень, що пов'язані зі створенням перспективних інформаційних технологій, низький рівень впровадження вітчизняних розробок, недостатній рівень кадрового забезпечення в галузі інформаційної безпеки. Це формує підстави для ризиків у площині кібербезпеки з необхідним рівнем захисту цифрової мережі. Кібер-ризик значно зростають у період розробки і впровадження інформаційних технологій. Серед чинників, які формують кібер-ризик та негативні наслідки цифровізації, необхідно виділити такі як: цифрове шахрайство; появу недобросовісних користувачів нових послуг; ризик не підготовленості нормативно-правової бази (незахищеність властивості, відсутність процедур інституційного регулювання усіх процесів, що супроводжують цифровізацію). Цифрова трансформація стримується недостатньою усвідомленістю суб'єктів бізнесу у цифрових технологіях. Необхідно підкрес-

лити, що сучасні інноваційні технології повинні бути адаптовані і інтегровані у єдину мережу Інтернету речей компаній. Це, в свою чергу, визначає необхідність розробки дорожніх карт реалізації концепції Індустрії 4.0; сучасних механізмів трансформації існуючих інноваційних систем і моделей цифрової економіки.

Однією з перешкод щодо формування цифрової економіки є недостатньо поінформованість про концепцію і технології Індустрії 4.0; переваги і складності її реалізації. Справа в тому, що цифрова економіка базується на технологіях Індустрії 4.0. Впровадження моделі Індустрії 4.0 в Україні знаходиться на рівні теоретичних намірів, а практичні втілення потребують розробки і впровадження новітніх підходів до цифровізації, виявлення можливостей переходу на нові технологічні уклади. Для позитивних змін необхідно кардинально змінити науково-практичні підходи щодо впровадження моделі Індустрія 4.0. Тому, впровадження концепції Індустрії 4.0 і цифровізація економіки приведе до зміни системи виробництва та організаційно-структурних трансформацій. Реалізація концепції Індустрії 4.0 потребує трансформації інфраструктури, технологій, організації управління з метою формування цифрової екосистеми. Індустрія 4.0 викликає необхідність зміни технологічних і технічних стандартів. Крім того, процес розробки і впровадження технологій Індустрії 4.0 потребує значних розмірів інвестицій, що на даний момент є проблемою для української економіки. Фінансування передбачає підтримку інноваційної діяльності. Запровадження Індустрії 4.0 потребує активного проведення реформ через інформатизацію, механізацію та автоматизацію виробничих процесів, розширення меж впровадження цифровізації. Глибина процесів цифровізації та автоматизації сприяє генеруванню теорій подальшого розвитку суспільства. Наслідками цього процесу є «Індустрія 5.0» або п'ята промислова революція в основі якої ефективна співпраця людей та машини. «Індустрія 5.0» — це високотехнологічне виробництво за яким стоїть тренд на людиноцентричність, тобто зміна фокусу уваги на людину. «Індустрія 5.0», являючись результатом синергії між людьми і роботами, є важливим напрямком процесів автоматизації та переходу до наступного рівня, в основі якого має бути налаштування на використання інтелектуального потенціалу. Плавність переходу Індустрії 4.0 в Індустрію 5.0 можливо за умови підтримки прийняття рішень, формування яких відбувається на основі датчиків штучного інтелекту та їх комунікації один з одним в електронних моделях управління технологіями та оптимізацією усіх цих процесів. Впровадження в систему управління відходами процесів автоматизації, орієнтує систему на високі технологічні виробництва на основі концепції Індустрії 5.0: автоматизовані та роботизовані модулі управління відходами з центром управління виробництвом.

Формування інноваційної парадигми системи управління відходами у контексті цифрової трансформації і штучного інтелекту неможливо без організаційно-структурної співпраці вчених і бізнесу у створенні інноваційних, конкурентоспроможних ідей, використання зарубіжного досвіду. Перспективність такої співпраці надзвичайно важлива, оскільки, цифровізація і штучний інтелект пов'язуються із процесами роботизації, впровадженням штучного інтелекту. Практика використання штучного інтелекту в сучасних

умовах набирає обертів оскільки пропонуються альтернативні обчислювальні підходи до вирішення проблеми у системі управління відходами, а використання таких технологій як інформатика і робототехніка, створює умови для розробки вченими нових цільових матеріалів для широкого спектру використання і переходу до економіки чистого нуля. Майже 90% скорочень викидів, необхідних для досягнення чистого нуля до 2050 року, буде забезпечено такими технологіями.

Водночас, все більше інвесторів в умовах впливу Індустрії 5.0 розглядають можливість формування джерел фінансування, серед яких називають гранти, облігації, позики та інші форми прискорювального фінансування щодо реалізації інноваційних рішень. Тому, виникає потреба у створенні фонду підтримки, кошти якого мають спрямуватися на розбудову цифрової інфраструктури.

Для подолання негативних факторів цифровізації і використання її досягнень, необхідно досліджувати цифрові комунікації і розробляти програму професійної підготовки фахівців з необхідним рівнем компетентностей. Підготовка таких фахівців формується на основі нового мислення, адекватного потребам цифрової економіки, може бути організована на базі нових інформаційно-комунікаційних технологій навчання. При цьому, регулююча роль повинна відводитись державі, так як вона забезпечує екологічне законодавство, яке орієнтоване на впровадження ресурсозберігаючих технологій. На базі навчальних закладів має бути впроваджено у навчальну діяльність сучасні цифрові технології за допомогою партнерів і учасників екосистеми: інститутів розвитку держкорпорацій і компаній. Однак, в сучасних умовах зростають дисбаланси між професійними навичками працівників і вимогами роботодавців, що зумовлені процесами автоматизації виробництва, переходом до моделей Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0. Для реалізації концепцій «Індустрія 4.0» та «Індустрія 5.0» підприємствам необхідний персонал нового покоління з новим набором аналітичних і комунікативних навичок програмування, знанням іноземних мов, виконанням функцій з технологічного обслуговування і контролю комп'ютерних інженерних систем.

Оскільки основними професіями Індустрії 5.0 можна назвати такі як архітектор та оператор штучного інтелекту, необхідно говорити про зміну балансу на ринку праці в сторону зміщення фахівців з концептуальним мисленням у створенні оригінальних моделей на основі перетину знань із соціології, математики, філософії для отримання професій дослідницького типу. Підкреслюючи важливість ролі системи управління відходами у досягненні його ефективності, необхідно виділити завдання моніторингу щодо автоматизації процесів сортування, оптимізації маршрутів збору, прогнозування обслуговування. Залучення інноваційного підходу і креативних цифрових рішень може значно посилити ефективність збору та переробки відходів, оптимізувати логістику і покращити моніторинг і контроль. Це призводить до більш стійких рентабельних методів управління відходами. Тому, концепція створення ефективної системи управління відходами передбачає розробку комплексу взаємопов'язаних у єдине ціле різноманітних засобів організації моніторингу.

Виникає потреба у розробці інформаційної системи для онлайн збору точних даних і інформації

щодо кількості, типів, управління різними потоками відходів. Пропозицією для вирішення цього питання може бути впровадження прямого електронного звітування суб'єктами системи управління відходами, постійна тісна координація між органами управління відходами та статистичними службами для звітності. Таким чином, підкреслюється необхідність підвищення рівня статистичних систем для постійного відстеження процесів впровадження цифрових технологій у динаміці. Крім того, необхідно створення єдиної інформаційної системи «Екосистема», в якій будуть доступними: кабінет користувача, інформаційна система управління відходами та генерація звітності, оформлення дозволів на здійснення операції з оброблення відходів, транскордонне перевезення відходів та інше. Таке інформаційне забезпечення слугує процесам ефективності формування звітності та співпраці з державною службою статистики [3]. Є ще багато можливостей для інновацій у системі управління відходами: від створення освітніх і маркетингових програм до «розумних» сміттєвих баків і штучного інтелекту, який відповідає на запити клієнтів.

Щодо реалізації автоматизованої підтримки клієнтів існують інструменти, які дозволяють користувачам шукати і знаходити точні рішення проблем клієнтів. Компанії вже розгорнули на своїх веб-сайтах необхідні платформи обслуговування клієнтів. При цьому, штучний інтелект може обробляти широкий спектр запитів клієнтів, від базових запитань про продукцію чи послуги до більш складних питань. Перевагами цього є те, що зменшується навантаження на представників служби підтримки клієнтів, дозволяючи їм зосередитись на більш складних питаннях.

Штучний інтелект відіграє ключову роль у реалізації стратегічних імперативів системи управління відходами. Тому, одним із важливих напрямків стійкого розвитку держави є дослідження і впровадження технологій штучного інтелекту у систему управління відходами. Технології штучного інтелекту не тільки покращують практику управління відходами, але й роблять значний внесок у збереження навколишнього середовища. Штучний інтелект є одним з передових технологій, які є для міжнародного бізнесу найбільш перспективними. В даний час інвестиції у дослідження штучного інтелекту доступні великим компаніям. Технологічні компанії і міжнародні корпорації такі як Amazon, Facebook, Apple та інші вкладають мільярди доларів США у розробку і впровадження системи штучного інтелекту в управлінський процес.

В сучасних умовах одним із перспективних напрямків штучного інтелекту можуть бути нейронні мережі, математичні моделі, а також програмні або апаратні втілення цих структур. Особливістю нейронних мереж є те, що вони здатні навчатися на різних завданнях і завдяки цьому можуть визначати закономірності, виявляти взаємозалежність і зв'язки між аналізованими даними, котрі другими засобами виявити неможливо. Слід відмітити, що найбільших успіхів у використанні штучного інтелекту вдалося досягти в основному там, де вирішувалися класичні завдання розпізнавання або завдання, які можна трансформувати до них. Важливе значення мають різноманітні послуги з трансформації штучного інтелекту та управління організаційними змінами у системі управління відходами.

Штучний інтелект виявляє собою міцний технологічний комплекс, котрому під силу не тільки замішати людину в рішенні численних обчислювальних завдань, але й моделювати окремі функції свідомості людини.

Однак, не залишилися в стороні проблеми системи управління відходами, оцінка перспектив її вирішення з використанням штучного інтелекту. При цьому, можна виділити дві парадигми, що мають місце у науковій літературі. Перша парадигма складається з розуміння штучного інтелекту як сукупності мега-алгоритмів, здатних знаходити алгоритми вирішення любого конкретного завдання та копіювання раціонального процесу мислення людини. Друга парадигма розглядає штучний інтелект як засіб оптимізації поведінки людини в організації, особливо у тих його аспектах, що пов'язані з прийняттям і реалізацією стратегічних рішень. Так, американські дослідники С. Рассаєл і П. Норвіг розглядають сукупність поведінкових проявів мислення людини як «екстерналізацію мислення», що передбачає високий рівень кореляції між уявними актами мислення і організаційною поведінкою людей [4]. У рамках цієї парадигми штучний інтелект розуміється як деяка логічна машина, що описує поведінку людей в організації як раціонально діючих суб'єктів. Таке біхевіористське (поведінкове) розуміння передбачає використання штучного інтелекту тільки при умові, що люди в організаціях діють виключно з раціональних міркувань. Наприклад, Н. Соні пропонує шляхи використання штучного інтелекту щодо просування на ринок інноваційних продуктів [5], а І. Енхольм аналізує перспективи використання штучного інтелекту в управлінні на основі цінностей [6]. Однак, наукових публікацій, які акцентують увагу на використанні технології штучного інтелекту в системі управління відходами існує недостатньо. У наукових дослідженнях стосовно штучного інтелекту та аналізу результатів фундаментальних, прикладних і експериментальних досліджень підкреслюється реальна можливість створення проривних технологій на основі ШІ [7]. Тому, важливе значення має визначення перспектив використання технологій штучного інтелекту щодо підвищення ефективності системи управління відходами і оцінка перспектив його використання у вирішенні завдань оперативного і стратегічного управління відходами. Таким чином, під штучним інтелектом розуміється можливість інтелектуальної системи створювати мега-алгоритми, що дозволяє вирішувати нові завдання, з якими система раніше не стикалася. Наприклад, рішення відносно вибору стратегії розвитку компанії, масштабних реорганізацій, вибору тих чи інших антикризових засобів, прийняття рішень на основі даних щодо утворення та утилізації відходів.

Важливе значення має включення у сферу штучного інтелекту людських мотивів прийняття рішень. Завдання полягає в тому, щоб знайти шляхи об'єднання штучного інтелекту з унікальними можливостями людини для прийняття стратегічних рішень. При цьому, необхідно відмітити перспективність цього шляху і виникаючи від такої взаємодії синергетичні ефекти. Забезпечити необхідний об'єм інформації, який необхідний щодо прийняття стратегічних рішень по скороченню потреб у кваліфікованому персоналі. Тенденція поширення застосування штучного інтелекту є важливою ознакою моделі «Індустрії 4.0». Вона

полягає в тому, що завдяки використанню штучного інтелекту виробництва більше автоматизуються, а участь людини поступово зменшується. Як відмічають Ф. Правост і Т. Фосетт, знадобиться менше людських ресурсів, а невеликі команди для розробки рішень забезпечать ефективність і швидкість їх прийняття за умови нових можливостей [8]. Ряд дослідників навпаки рахують, що технології штучного інтелекту і люди будуть доповнювати один одного при розробці стратегій.

В сучасних умовах виникає потреба у створенні дорожньої карти розвитку цифрової технології, яка включатиме такі основні сфери застосування штучного інтелекту: звільнення людини від монотонної роботи шляхом автоматичного створення програмного забезпечення; підтримка у прийнятті рішень; автоматизація небезпечних видів робіт; підтримка комунікацій між людьми.

Необхідно відмітити, що використання технології штучного інтелекту відкриває багато можливостей і, разом з цим, несе в собі серйозні ризики. Вони пов'язані з безпекою використання штучного інтелекту, з делегуванням відповідальності за прийняті рішення, ризики, що обумовлені реорганізацією системи підзвітності у компанії, ризики втрати конфіденційності програмного забезпечення та його навмисного псування.

Крім того, існують такі складні проблеми як високі початкові інвестиції, потреба у кваліфікованому персоналі для керування та інтерпретації систем штучного інтелекту і цифровізації, а також, занепокоєння щодо безпеки даних. Однак, в міру підвищення кваліфікації персоналу та за рахунок його доступності до технологічного прогресу, ці виклики зменшуються, прокладаючи шлях для більш широкого використання штучного інтелекту та цифрових технологій у системі управління відходами. Тому, при реалізації проєктів на основі використання штучного інтелекту, необхідно враховувати зважений підхід.

Безпека використання технологій штучного інтелекту означає захищеність від негативних наслідків, які можуть виникнути при їх впровадженні. З метою забезпечення безпеки технології штучного інтелекту повинні корегуватись, а також, вбудовувати захисні механізми, що перешкоджають негативному втручанню.

Піонером у галузі аналізу штучного інтелекту є англійська компанія GREYPARROT, яка уклала стратегічне партнерство з найбільшим у світі німецьким переробним заводом BOLLERGRAAF. Справа в тому, що компанія GREYPARROT забезпечує 100% вилучення потоків відходів на переробних заводах у 14 країнах за допомогою системи камер штучного інтелекту. Завдяки цьому революційному партнерству обидві компанії прагнуть модернізувати тисячі існуючих заводів з утилізації відходів із розширеними можливостями штучного інтелекту, щоб значно підвищує рівень переробки відходів. Це передбачає одночасно відведення мільйонів тон відходів зі звалищ та сміттєспалювальних заводів.

У розвитку, спрямованого на трансформацію системи управління відходами, інтелектуальні переробні заводи (підприємства) ознаменують значне прискорення глобального переходу до цифрової економіки та використання штучного інтелекту. Здатність GREYPARROT вбудовувати засоби штучного інте-

лекту в програми та апаратні системи аналітики відходів додає важливий цифровий рівень. Лише у 2023 році GREYPARROT допоміг установам проаналізувати понад 25 мільярдів об'єктів відходів, структуруючи їх у на понад 70 категорій, щоб виявити 7 рівнів даних, включаючи тип матеріалу, фінансову вартість, бренд і викиди парникових газів. Очікується, що до 2050 року у світі буде вироблятися 3,4 мільярда тонн відходів щорічно [9]. Оскільки зараз у світі працює лише близько 5500 об'єктів з переробки відходів, існує практична потреба у будівництві заводів нового покоління та модернізації старих за допомогою нових технологій, скорочуючи час обробки та підвищуючи рівень переробки. В сучасних умовах лише 1% відходів контролюється на підприємствах, а у країнах з розвинутою економікою 40% відходів сортирується вручну [8]. Штучний інтелект і дані, які він розблокує, допоможе оцифрувати та автоматизувати системи для фіксації величезної кількості втраченої фінансової вартості. Лише для пластикових відходів у США брак автоматизації призводить до втрати від 80 до 120 мільярдів доларів США на рік на звалищах і при спалюванні. Компанія GREYPARROT, як аналізатор, дає 100% видимість складу відходів, щоб розблокувати новий, більш інтелектуальний рівень розуміння відходів. Завдяки автоматизованому моніторингу відходів та оцифрованим системам на базі штучного інтелекту галузь може вирішити проблему відходів і змінити традиційно трудомісткий процес.

Важливе значення має застосування штучного інтелекту на рівні логістики: для покращення планування маршрутів транспортних засобів; для зменшення термінів доставки сировини (відходів); для покращення взаємодії з клієнтами та постачальниками за допомогою перспективного спілкування; для відстеження відправлень та процесу доставки на всіх етапах; у перспективі – для передбачення обсягів відвантажених відходів до того як вони відбудуться. Логістика передбачає «розумні» контейнери для перевезення, швидкі комунікації, поставку і вчасне відстеження вантажів, взаємодія з постачальниками, планування каналів розподілу товарів, автоматизоване управління складом та транспортними поставками. Логістика включає управління мережами поставок, відслідковування, застосування автономно-керуючих транспортних систем, автоматизацію і оптимізацію маршрутів транспортування відходів. В цілому, глобальні втрати на цифрову трансформацію в логістиці очікуються на рівні 84,6 млрд доларів США до 2027 року [10].

Таким чином, ефект від взаємодії цифрових технологій і штучного інтелекту у системі управління відходами забезпечується на основі переходу до комплексної стратегії ресурсоефективності, що дозволяє забезпечити бажаний вектор розвитку економіки України.

Висновки. На основі проведеного дослідження запропоновано власне бачення сучасної парадигми системи управління відходами, яке дозволяє забезпечувати бажаний вектор розвитку даної системи у контексті цифровізації економіки та штучного інтелекту. Аналіз наукових публікацій свідчить про актуальність розгляду таких понять як цифрова економіка, цифровізація, штучний інтелект, що акцентують увагу на різних аспектах і особливостях. Доведено, що всебічне розкриття особливостей цифровізації та штучного ін-

телекту, як сучасного тренду світового розвитку, передбачає можливість розгляду цих понять у підходах створення системи управління відходами. Визначено, що важливе значення мають перспективи використання технологій штучного інтелекту для підвищення ефективності системи управління відходами щодо вирішення завдань оперативного і стратегічного управління. Зазначено, що технології штучного інтелекту несуть у собі, як нові можливості так і нові загрози, які необхідно приймати до уваги при їх впровадженні у систему управління відходами. При використанні технологій штучного інтелекту у системі управління відходами виділяється процес прийняття управлінських рішень. Обґрунтовано, що важливим з таких ефектів є багаторазове зростання об'ємів інформації, що залучаються для вироблення альтернативних рішень: швидкий аналіз великих масивів даних; розробка достовірних сценаріїв наслідків рішень, що приймаються; зростання якості рішень. Розуміння можливостей досягнення таких позитивних ефектів та обмежень у використанні штучного інтелекту у системі управління відходами робить використання і впровадження цих технологій у систему управління відходами більш продуктивними і осмисленими. Доведено, що в нинішніх умовах сформувалися дві парадигми, що досліджують перспективи використання штучного інтелекту у організаційних дослідженнях: ті, що розглядають штучний інтелект як сукупність мега-алгоритмів, що здатні знаходити алгоритми вирішення конкретних завдань у системі управління відходами, і парадигма, що розглядає штучний інтелект як засіб оптимізації поведінки людей в організації. У якості ключового використання штучного інтелекту в системі управління відходами виділяється процес прийняття управлінських рішень. Визначено можливості штучного інтелекту для підвищення ефективності прийняття управлінських рішень. Серед них можливо виділити: забезпечення необхідного об'єму інформації, швидкий аналіз великих масивів даних, розробку достовірних сценаріїв наслідків рішень, що приймаються. Доведено, що на шляху широкого застосування штучного інтелекту існують труднощі і проблеми: недостатня розробленість законодавства, що регулює їх використання, захист інтелектуальної власності у цій сфері, конфіденційність даних, відсутність ясності відносно відповідальності за прийняття ризикових рішень на основі використання штучного інтелекту та їх наслідки щодо впровадження штучного інтелекту в систему управління відходами. Зазначено, що однією із перешкод формування цифрової економіки є недостатня поінформованість про концепції і технології Індустрії 4.0 та 5.0, що потребує виявлення можливості переходу до кардинально нових технологічних укладів. Визначено, що в сучасних умовах зростає дисбаланс між професійними навичками працівників і вимогами роботодавців, що зумовлені процесами автоматизації виробництва, переходами до моделей Індустрії 4.0 та 5.0. Доведено, що для подолання цього дисбалансу необхідно розробляти програми професійної підготовки спеціалістів на базі нових інформаційно-комунікаційних технологій навчання. Зазначено, що існує потреба у будівництві заводів нового покоління з переробки відходів за допомогою сучасних технологій, що відповідають зростаючим потребам галузі. Оцінка перспектив впровадження і використання технологій штучного інтелекту дозволяє виявити їх позитивні ефекти, ос-

новний акцент, при цьому, повинен бути зроблений на визначенні можливостей штучного інтелекту для підвищення ефективності прийняття стратегічних управлінських рішень. Таким чином, переваги інноваційного підходу до системи управління відходами у контексті цифрової економіки і штучного інтелекту очевидні, оскільки все зводиться до прийняття креативних рішень щодо розробки якісної системи управління відходами та впровадження цифрових технологій.

Список використаних джерел

1. Про управління відходами: Закон України № 2320-IX (Із змінами, внесеними згідно із Законом від 13.12.2022р. №2849-IX). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>.
2. How digitalised have the EU's enterprises become? (2024). Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240829-1>.
3. Що очікувати бізнесу від реформи системи управління відходами та як підготуватись до змін. 2023. URL: https://biz.ligazakon.net/news/221789_shcho-ochukuvati-bznesu-vd-reformi-sistemi-upravlnnya-vdkhodami-ta-yak-pdgotuvatis-do-zmn.
4. Russel S., Norvig P. (2021). Artificial Intelligence: A modern Approach (Pearson Series in Artificial Intelligence). New York: Pearson.
5. Soni N., Sharma E., Singh N., Kapoor A. Impact of Artificial Intelligence in Business: From Research and Innovation to Market Deployment. *Procedia Computer Science*. 2020. Vol. 167. P. 2200-2210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.272>.
6. Enholm I., Papagiannidis E., Mikalef P., Krogtie J. Artificial Intelligence and Business Value: A Literature Review. *Information System Frontiers*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/s10796-021-10186-w>.
7. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні: монографія / А. І. Шевченко, С. В. Барановський, О. В. Білокобильський та ін.; за заг. ред. А. І. Шевченка. Київ: ІПШІ, 2023. 305 с. URL: https://jai.in.ua/archive/2023/ai_mono.pdf.
8. Provost E., Fawcett T. Data Science for Business. *What you need to know about Data Mining and Data-Analytic Thinking*. Sebastopol, O'Reilly Media.
9. Bollegraaf and Greyparrot Forge Strategic AI Partnership. (2024). Retrieved from <https://www.recovery-worldwide.com/en/artikel/bollegraaf-and-greyparrot-forge-strategic-ai-partnership-4091652.html>.
10. Global Digital Transformation Spending in Logistics Industry 2020. *Report Linker*. Retrieved from <https://www.Reportlinker.com/p05960886Global-Digital-Transformation-Spending-in-Logistics-industry.html>.

References

1. Pro upravlinnia vidkhodamy: Zakon Ukrainy № 2320-IX (Iz zminamy, vnesenymy zghidno iz Zakonom vid 13.12.2022 r. №2849-IX) [On Waste Management: Law of Ukraine (As amended by Law No. 2849 IX of 13.12.2022)]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> [in Ukrainian].
2. How digitalised have the EU's enterprises become? (2024). Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240829-1>.
3. Shcho ochikuvaty biznesu vid reformy systemy upravlinnia vidkhodamy ta yak pidhotuvats do zmin [What businesses can expect from the waste management system reform and how to prepare for changes]. (2023). Retrieved from https://biz.ligazakon.net/news/221789_shcho-ochukuvati-bznesu-vd-reformi-sistemi-upravlnnya-vdkhodami-ta-yak-pdgotuvatis-do-zmn [in Ukrainian].
4. Russel, S., Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A modern Approach (Pearson Series in Artificial Intelligence). New York, Pearson.
5. Soni, N., Sharma, E., Singh, N., Kapoor, A. (2020). Impact of Artificial Intelligence in Business: From Research and Innovation to Market Deployment. *Procedia Computer Science*, Vol. 167, pp. 2200-2210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.272>.
6. Enholm, I., Papagiannidis, E., Mikalef, P., Krogtie, J. (2021). Artificial Intelligence and Business Value: A Literature Review. *Information System Frontiers*. DOI: <https://doi.org/10.1017/s10796-021-10186-w>.
7. Shevchenko, A. I., Baranovskiy, S. V., Bilokobylskiy, O. V. et al. (2023). Stratehiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini [Strategy for the development of artificial intelligence in Ukraine]. Kyiv, Ipshi. 305 p. [in Ukrainian].
8. Provost, E., Fawcett, T. (2021). Data Science for Business. *What you need to know about Data Mining and Data-Analytic Thinking*. Sebastopol, O'Reilly Media.
9. Bollegraaf and Greyparrot Forge Strategic AI Partnership. (2024). Retrieved from <https://www.recovery-worldwide.com/en/artikel/bollegraaf-and-greyparrot-forge-strategic-ai-partnership-4091652.html>.
10. Global Digital Transformation Spending in Logistics Industry 2020. *Report Linker*. Retrieved from <https://www.Reportlinker.com/p05960886Global-Digital-Transformation-Spending-in-Logistics-industry.html>.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2024

Формат цитування:

Рогоза М. Є., Кривенко С. В. Концептуальні засади впровадження цифрових технологій і штучного інтелекту у систему управління відходами: переваги, нові виклики та ризики. *Вісник економічної науки України*. 2024. № 2 (47). С. 136-142. DOI: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2024.2\(47\).136-142](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2024.2(47).136-142)

Rogoza, M. E., Kryvenko, S. V. (2024). Conceptual Principles of Implementing Digital Technologies and Artificial Intelligence into the Waste Management System: Advantages, New Challenges and Risks. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, 2 (47), pp. 136-142. DOI: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2024.2\(47\).136-142](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2024.2(47).136-142)