

## CHAPTER «STATE ADMINISTRATION»

### CYCLICAL ECONOMY IN WATER SUPPLY AND WASTEWATER: EUROPEAN EXPERIENCE AND OPPORTUNITIES OF POST-WAR UKRAINE

### ЦИКЛІЧНА ЕКОНОМІКА У СФЕРІ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ: ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ТА МОЖЛИВОСТІ ПОСТВОЄННОЇ УКРАЇНИ

Zoriana Hbur<sup>1</sup>

Iryna Krylova<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-297-5-14>

**Abstract.** The article is devoted to the study of the cyclical economy on the example of the sphere of water supply and wastewater in European countries. The relevance of the study is due to environmental problems caused by the war in Ukraine, water and soil pollution, climate change, drought, inefficient use of water resources, which quickly exhaust drinking water supplies. The purpose of the study is to consider the European experience in implementing a circular economy using the example of technological and organizational solutions from different EU countries in order to obtain a model for building a closed-cycle technology for domestic water supply and wastewater enterprises. The study used general scientific methods of knowledge, which include induction and deduction, analysis and synthesis, methods of statistical analysis, in particular, trend analysis to predict water consumption in the future. The results of the study show the importance of the cyclical economy in solving a number of environmental problems, determining the essence of the cyclical economy, the features of its implementation in the field of water supply

---

<sup>1</sup> Doctor of Sciences in Public Administration, Full Professor, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Ukraine

<sup>2</sup> Doctor of Sciences in Public Administration, Lecturer, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Ukraine

and wastewater. It has been established that in the field of water supply and wastewater, the implementation of the concept of a circular economy takes place not only with the help of state regulatory decisions, under the influence of technological solutions, through innovative technologies, the use of other alternative energy sources, but also in close cooperation with the public, active information policy. European experience shows that the implementation of the concept of a circular economy is not available to everyone, and six barriers have been identified that prevent the introduction of water reuse. In order to be able to use such technology within the city, it is necessary to build an appropriate infrastructure. Treated wastewater can be a valuable source of water for agriculture, industrial use, and even drinking water. At the same time, such technologies can be implemented within individual enterprises, however, additional investments should be made for this, which will be occupied by reducing the use of natural resources. For the introduction of circular water and the development of innovative technologies, water supply and wastewater enterprises of Ukraine need: state regulatory support (normative acts and standards); financial support (tariff policy, incentives, direct and indirect assistance); information and innovation policy; risk management system, etc. At the same time, all interested parties should be involved from the very beginning: water supply and wastewater companies, state regulatory bodies, local authorities, agricultural enterprises, farmers, technology companies, scientific research institutes, consumer associations, etc.

### 1. Вступ

Циклічна економіка або економіка замкнутого циклу визначається як регенеративна система, в якій цінність матеріалів, продуктів та ресурсів зберігається в економіці якнайдовше, а виробництво відходів зводиться до мінімуму [15; 14]. Вона базується на принципах скорочення, повторного використання та переробки і вважається ключовою стратегією для досягнення сталого розвитку будь-якої країни. Впровадження моделі циклічної економіки може принести значні переваги країнам, так і підприємствам. Для країн – це зменшення використанням невідновлюваних ресурсів, зниження викидів вуглецю, прагнення до мінімізації відходів, забезпечення переваг для споживачів, нові можливості для різних підприємств. Для підпри-

емств – це підвищення ефективності, зниження витрат і поліпшення продуктивності ресурсів, нові можливості для інновацій та розробки нових продуктів і послуг, покращення репутації та іміджу через екологічну та соціальну прихильність.

Дані чинники формують актуальність дослідження, вони зумовлюють і область дослідження, визначаючи ключові цілі та завдання.

Питання циклічної економіки досліджувало численна кількість іноземних науковців, які визначають значення циклічної економіки та напрями її розвитку. Варто виділити праці Osampo-Martinez та інших [23], які у своєму дослідженні показали приклад реалізації ефективного водопостачання в Барселоні (Іспанія), Хі та Poh [29], які досліджували питання реалізації концепції в Сингапурі, Mark van Loosdrecht [19], Merle de Kreuk, [8], Kloosterman [18] та інших, що показали досвід Нідерландів. Серед вітчизняних науковців можна виділити Хоменко О.В. [41], Татомир І.Л., Квасну Л.Г. [43], які досліджували циркулярну економіку та її інструменти, Тверду О.Я., Репіна М.В., Ткачук К.К., Горбачову К.Ю. [40], які досліджували впровадження моделі циркулярної економіки у гірничовидобувній галузі, Мельник О., Горбаль Н., Заліску Л. [20], які досліджували впровадження моделі циркулярної економіки у сфері управління відходами, Хаустову В., Трушкіну Н. [17], які досліджували впровадження моделі циркулярної економіки у сфері поводження з промисловими відходами, та ін. Разом з цим, вкрай мало вітчизняної наукової літератури з реалізації циклічної економіки у сфері водопостачання та водовідведення, а тому поточне дослідження носить важливе практичне значення, так як вивчений досвід може використовуватися для розроблення вітчизняних концепцій збереження природних ресурсів. Мета дослідження – розглянути європейський досвід реалізації циклічної економіки на прикладі організаційних та технологічних рішень з метою отримання моделі побудови технології замкнутого циклу у сфері водопостачання та водовідведення. В ході дослідження використані загальнонаукові методи пізнання, до яких відноситься індукція та дедукція, аналіз та синтез, методи статистичного аналізу, зокрема трендового аналізу для прогнозування споживання води в майбутньому.

## 2. Особливості циклічної економіки у сфері водопостачання та водовідведення у світі

З кожним роком зростає усвідомлення цінності води, що виходить за стандартні рамки сприйняття і переосмислює її як життєвонеобхідний ресурс. Якщо 15 років тому існувало бачення того, що водне господарство може відігравати центральну роль в економіці, то сьогодні це вже відбувається, і ті підприємства, що нерационально використовують водні ресурси, в результаті стають неконкурентоспроможними. Загалом, циклічна економіка розглядається як ключова стратегія сталого розвитку та спосіб створення більш стійкої, сталої та справедливої економіки. Вона може допомогти створити більш ефективне використання ресурсів і сприяти економічному зростанню, зменшуючи при цьому вплив на навколишнє середовище.

Водні ресурси стикаються з багатьма проблемами у всьому світі, включаючи надмірне використання води, забруднення та зміну клімату. Вже сьогодні населення планети споживає в 7 разів більше води, чим споживалося населенням в 1901 році. А до 2036 року споживання води складатиме близько 4,6 трлн куб<sup>3</sup>, якщо дотримуватися тенденції зростання за останні 100 років (при цьому достовірність прогнозу  $R^2$  складає 98%).

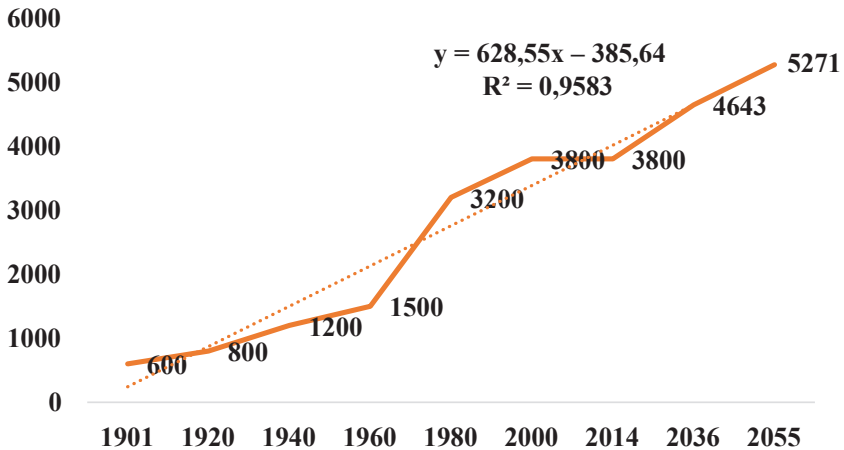
Окрім нестачі прісної (питної) води, проблему підсилюють інші, не менш ключові проблеми: забруднення водних ресурсів, зміна клімату, посуха, повені, нерациональне використання води тощо. Циклічна економіка може забезпечити вирішення цих проблем. Наприклад:

1) проблема переспоживання води може бути вирішена шляхом створення більш ефективних способів використання та управління водними ресурсами;

2) проблема забруднення води – зменшення кількості забруднюючих речовин, що потрапляють у водні джерела, а також сприяти очищенню та повторному використанню стічних вод;

3) проблема зміни клімату – пом'якшення наслідків через зменшення викидів парникових газів, сприяння використанню відновлюваних джерел енергії та підвищення ефективності використання води;

4) проблема посухи (дефіциту води і негативних наслідків для населення, сільського господарства, промисловості тощо). Використовуючи системи із замкнутим циклом, водопостачальні компанії можуть



**Рис. 1.** Динаміка світового споживання води, у млрд м куб.

*Джерело: прогноз складено автором на основі трендового аналізу [27]*

зменшити кількість води, яку їм потрібно видобувати з природних джерел, таким чином зменшуючи ризик посухи;

5) проблема неефективного використання води (марнотратства). Циклічна економіка може сприяти більш ефективному використанню води, заохочуючи використання технологій, які зменшують споживання води, наприклад, приладів з низькою витратою води, а також приладів, що сприяють повторному використанню стічних вод.

Питання циклічної економіки активно досліджується науковцями та спеціалістами в даній галузі з різних країн. Цікавим є ставлення до даного поняття ініціаторів організацій, фондів та компаній, що безпосередньо задіяні у сфері води та раціонального використання ресурсів. Наприклад, доктор Walter R. Stahel, засновник Інституту Product-Life вважає, що циклічна економіка – це промислова система, яка є відновлювальною або регенеративною за задумом і відповідною концепцією. Вона замінює підхід до закінчення терміну служби ресурсів, переходить до використання відновлюваних джерел енергії, виключає використання токсичних хімічних речовин, які перешкоджають повторному використанню та поверненню в біосферу, і спрямована на ліквідацію відходів за рахунок кращого дизайну матеріалів, продуктів, систем та бізнес-мо-

делей [26]. Засновниця фонду циклічної економіки Ellen MacArthur вважає, що циклічна економіка – це економіка, яка є відновлювальною та регенеративною за своєю суттю. Вона має на меті постійно підтримувати продукти, компоненти та матеріали на найвищому рівні корисності та цінності, розрізняючи технічні та біологічні цикли [12]. Професор Michael Braungart співзасновник Інституту інноваційних продуктів Cradle to Cradle, вважає, що циклічна економіка – це економіка, яка є регенеративною за своєю суттю, в якій матеріальні потоки поділяються на два типи: біологічні поживні речовини, призначені для безпечного повернення в біосферу, і технічні речовини, які призначені для циркуляції з високою якістю без потрапляння в біосферу [2].

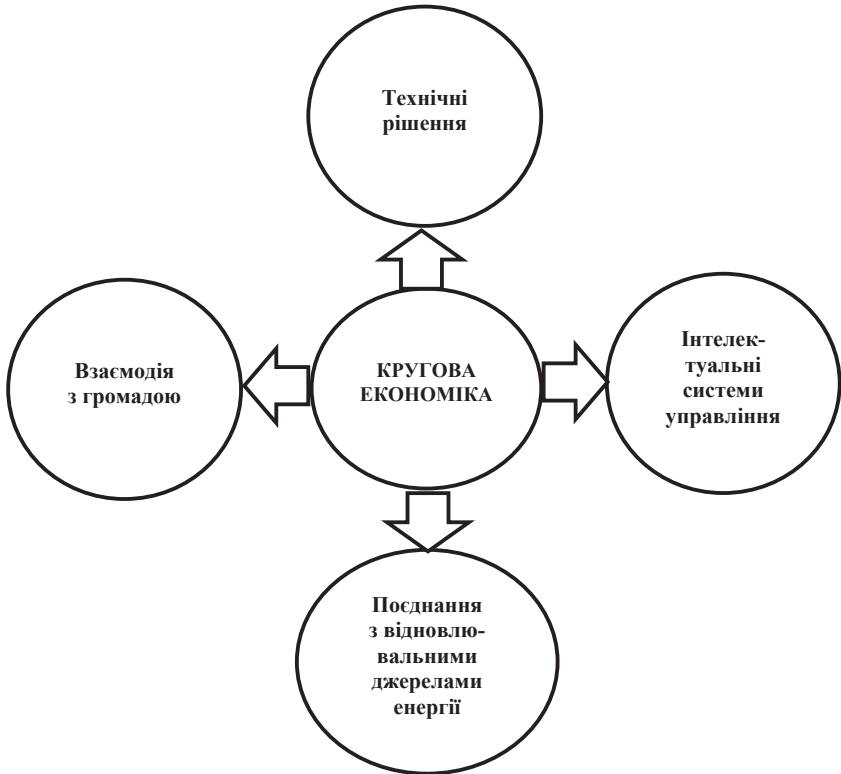
Найбільш виражено і комплексно циклічна (кругова) економіка використовується у сфері водопостачання і водовідведення.

Однією з ключових особливостей циклічної економіки у сфері водопостачання та водовідведення є використання технологій очищення та переробки води. Це може включати використання сучасних систем фільтрації для видалення домішок з води, а також використання мембранних технологій для розділення та очищення води. Ці технології можна використовувати для очищення та повторного використання води, зменшуючи потребу в нових джерелах води та зменшуючи кількість стічних вод, які потрібно очищати та утилізувати.

Ще однією особливістю циклічної економіки в цій сфері є використання інтелектуальних систем управління водними ресурсами. Ці системи можна використовувати для моніторингу та контролю використання води, виявлення та запобігання витокам і неефективності в системі розподілу. Це може допомогти зменшити кількість води, яка втрачається через витоки та неефективність, а також підвищити загальну ефективність системи водопостачання.

Іншою особливістю – є використання відновлюваних джерел енергії. Це може включати використання сонячної, вітрової та гідроенергії для виробництва електроенергії, необхідної для роботи підприємства. Поєднання різних відновлювальних технологій може допомогти зменшити вуглецевий викид компанії та знизити її залежність від викопних видів палива.

Нарешті, циклічна економіка також включає активну взаємодію з громадськістю. Підприємства водопостачання та водовідведення, що використовують такі технології, повинні інформувати своїх клієнтів



**Рис. 2. Елементи комплексу реалізації кругової економіки**

*Джерело: систематизовано автором*

про важливість збереження води та ефективного використання водних ресурсів. Ці підприємства також повинні взаємодіяти з громадою та зацікавленими сторонами, щоб отримати зворотній зв'язок і заручитися підтримкою своїх практик сталого управління водними ресурсами.

У країнах з обмеженими водними ресурсами влада усвідомлює, що повторне використання високоякісної води є набагато дешевшим рішенням, ніж розробки альтернативних варіантів отримання питної води [22]. Незважаючи на те, що саме дефіцит води та велика потреба у водопостачанні в посушливих та напівпосушливих країнах сти-

мулює повторне використання води в якості альтернативного джерела водопостачання, програм з відновленого використання води в країнах вкрай недостатньо. Наприклад, у США, було ініційовано ряд заходів, які дозволили би фільтрувати воду та забирати з неї шкідливі речовини, наприклад азот та фосфор. В результаті така обробка води стала вкрай дорогою і недоступною для міст, а тому питне водопостачання не може бути забезпечене повноцінно за рахунок рекуперованої води (відпрацьованої води) [28]. Екологічне занепокоєння негативним впливом збільшення скидів хімічних речовин у прибережні води призводить до формування нових організацій, що слідкують за скороченням кількості скидів необробленої води в океан у Флориді, Каліфорнії в США, а також на багатьох об'єктах у Великій Британії та Європі [8]. Саме тому такі країни приймають рішення про те, щоб повторно використовувати воду перш ніж скидати її до джерел водопостачання, а вже після повторного використання води очищати її, і тільки після видалення всіх шкідливих речовин, повертати її у живу природу [13]. Очищені стічні води є альтернативним джерелом води, особливо в районах з дефіцитом води. Така вода має технічне призначення, і вона може бути використана у сільському господарстві для зрошення, для промислового використання тощо. Високотехнологічне очищення використаної води (стічної води) може зробити з неї воду для питного водопостачання [15].

Слід зазначити, що головна концепція повторного використання стічних вод була сформульована Економічною і Соціальною радою ООН ще в 1958 році. Відповідно до цієї концепції, вода високої якості не повинна, за винятком тих випадків, коли вона є в надлишку, використовуватися для виробничо-збутових ланцюгів, які допускають застосування води «нижчої» якості. Як свідчить досвід країн ЄС, стічні води можуть використовуватися після відповідного очищення для різних виробничо-збутових ланцюгів [42].

Є кілька відомих водопостачальних компаній в різних країнах, які впровадили економіку замкнутого циклу у своїй діяльності. Зокрема, у Нідерландах водопостачальна компанія Vitens використовує систему замкнутого циклу для очищення та переробки стічних вод. Вони використовують передові мембранні технології для видалення домішок і очищення води, яка потім повторно використовується для зрошення та



інших непитних цілей. Це допомогло зменшити залежність компанії від нових джерел води та зменшити кількість стічних вод, які потрібно очищати та утилізувати [18].

У Сінгапурі національне водне агентство PUB впровадило систему замкненого циклу для управління водними ресурсами. Вони використовують передові технології водопідготовки та розробили мережу водосховищ і систем рекультивованої води для забезпечення сталого та надійного водопостачання. Крім того, вони впроваджують програми та кампанії з водозбереження, щоб проінформувати громадськість про важливість водозбереження та ефективного водокористування [29].

У Сполучених Штатах Америки водопостачальна компанія Atlanta Watershed впровадила систему замкненого циклу в управлінні водними ресурсами. Вони впровадили програми водозбереження та інвестували в передові технології водопідготовки, щоб зменшити втрати води і збільшити її повторне використання. Крім того, вони співпрацюють з громадою та зацікавленими сторонами, щоб отримати зворотній зв'язок і заручитися підтримкою для своїх практик сталого управління водними ресурсами [6].

В Іспанії водопостачальна компанія Aguas de Barcelona впровадила систему замкненого циклу для управління водними ресурсами. Вони використовують передові технології водопідготовки та розробили мережу водосховищ і систем відновлюваної води для забезпечення сталого та надійного водопостачання. Вони також впровадили програми та кампанії з водозбереження, спрямовані на інформування громадськості про важливість водозбереження та ефективного водокористування [23].

Використовуючи передові технології та стратегії для зменшення втрат води, збільшення повторного використання води та підвищення ефективності своїх систем управління водними ресурсами, компанії можуть забезпечити попит бізнесу та населення у воді. Крім того, компанії взаємодіють з громадськістю та зацікавленими сторонами, щоб отримати зворотній зв'язок і заручитися підтримкою своїх практик сталого управління водними ресурсами.

Та незважаючи на успішний досвід кількох компаній, впровадити такі технології можуть далеко не всі, оскільки для того, щоб реалізувати концепцію циклічної економіки, необхідно вирішити низку завдань, що наведені у таблиці 1.

**Проблеми на напрями вирішення ефективного використання  
води підприємствами водопостачання та водовідведення**

<b>Проблема</b>	<b>Опис</b>	<b>Рішення</b>
Високі витрати на впровадження систем замкнутого циклу	Вартість передових технологій очищення та переробки води, а також інтелектуальних систем управління водними ресурсами висока, що недоступно для міських бюджетів	Вирішенням цієї проблеми є державні субсидії, партнерство з технологічними компаніями та інвестиції в дослідження і розробки для створення більш економічно ефективних рішень
Відсутність інфраструктури	У багатьох регіонах може бути відсутня необхідна інфраструктура для систем замкнутого циклу, що ускладнює впровадження цих систем водопостачальними компаніями	Вирішення цієї проблеми включає інвестиції в розвиток інфраструктури, наприклад, будівництво нових очисних споруд або модернізацію існуючих
Обмежена поінформованість та сприйняття громадськості	Багато людей можуть не знати про переваги систем із замкнутим циклом або можуть чинити опір змінам у способах управління водними ресурсами	Вирішенням цієї проблеми є проведення освітніх кампаній та залучення громадськості для підвищення обізнаності та формування підтримки систем із замкнутим циклом
Обмежений доступ до даних та аналітики	Водопостачальні компанії можуть не мати доступу до даних та аналітики, необхідних для ефективного моніторингу та управління своїми системами замкнутого циклу	Вирішення цієї проблеми включає інвестиції в технології управління даними та аналітики, а також співпрацю з іншими організаціями для обміну даними та аналітикою
Обмежені можливості споживання переробленої води	Деякі водопостачальні компанії можуть не мати доступу до можливостей переробки, необхідних для впровадження систем замкнутого циклу	Вирішення цієї проблеми включає розробку нових варіантів переробки, таких як використання рекультивованої води для зрошення та інших непитних цілей

## Chapter «State administration»

(Закінчення таблиці 1)

Проблема	Опис	Рішення
Обмежений доступ до відновлюваних джерел енергії	Деякі водопостачальні компанії можуть не мати доступу до відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова чи гідроенергія, для живлення своїх систем замкнутого циклу	Вирішенням цієї проблеми є інвестування у технології відновлюваної енергетики та співпраця з іншими організаціями для спільного використання джерел відновлюваної енергії
Обмежений доступ до капіталу	Водопостачальні компанії можуть не мати доступу до капіталу, необхідного для інвестування в системи замкнутого циклу	Вирішенням цієї проблеми є партнерство з інвесторами, державні субсидії та гранти
Обмежений доступ до кваліфікованої робочої сили	Деякі водопостачальні компанії можуть не мати доступу до кваліфікованої робочої сили, необхідної для експлуатації та обслуговування систем із замкнутим циклом	Вирішенням цієї проблеми можуть бути навчальні програми, співпраця з навчальними закладами та імпорт кваліфікованої робочої сили.
Обмежене нормативно-правове регулювання	Деякі водопостачальні компанії можуть не мати достатньо нормативних повноважень для реалізації таких стандартів	Вирішенням цієї проблеми є співпраця з державними установами для розробки нормативно-правових актів та стандартів
Обмежений доступ до технологій	Деякі водопостачальні компанії можуть не мати доступу до новітніх технологій, необхідних для впровадження систем замкнутого циклу	Вирішенням цієї проблеми є інвестування в дослідження та розробки для створення нових технологій, а також придбання патентів організацій, що вже мають досвід експлуатації таких технологій

*Джерело: систематизовано автором*

Підсумовуючи, можна зазначити, що хоча системи замкнутого циклу можуть забезпечити багато переваг для підприємств водопостачання та водовідведення, вони також пов'язані з багатьма проблемами. Ці проблеми можна вирішити шляхом зміни державної регуляторної політики (прийняття відповідних рішень, правил і стандартів), інвес-

тування в нові технології, розвитку необхідної інфраструктури, підвищення обізнаності громадськості, співпраці з усіма зацікавленими організаціями тощо.

### **3. Досвід застосування та регулювання циркулярного водопостачання в ЄС**

Європейська комісія ставить на передній план проблеми нестачі води, пов'язані зі зростанням попиту та зміною клімату [21]. Циркулярний водний підхід (повторне використання води) має значний потенціал для багатьох регіонів в Європі, які потребують непитної (технічної) води. Проте застосування цього підходу вимагає вжиття комплексу різних заходів для вирішення питань, пов'язаних із фінансуванням технологій, медичними проблемами, моніторингом якості води та дотриманням місцевих правил водопостачання та водовідведення. 11 березня 2020 року було опубліковано План дій у галузі циклічної економіки в ЄС [4], направлений на скорочення споживання ресурсів в ЄС та подвоєння повторного використання ресурсів у найближчі десятиліття з одночасним сприянням економічному зростанню. У цьому Плані представлено низку взаємопов'язаних ініціатив, спрямованих на створення міцної та послідовної основи для державної товарної політики (виробництва продуктів, послуг тощо), яка дозволить виробляти стійкі продукти, послуги та бізнес-моделі, трансформувати структуру сфери споживання так, щоб мінімізувати вироблення відходів. За даними Європейської комісії реалізація заходів цього Плану може збільшити ВВП ЄС на додаткові 0,5% до 2030 року та створити близько 700 тис. нових робочих місць, що матиме позитивний економічний ефект та стимулюватиме країни до пришвидшення переходу [5].

Таким чином, ЄС у пріоритетному порядку поступово впроваджує рамки товарної політики та використовує виробничо-збутові ланцюжки. До інших заходів належить політика, спрямована на скорочення відходів і забезпечення того, щоб у ЄС існував добре функціонуючий внутрішній ринок високоякісної вторинної сировини. Крім того, План дій передбачає низку законодавчих та нормативних заходів, спрямованих на заохочення циркулярних підходів до водних ресурсів у різних сферах господарської діяльності.

З нормативної точки зору повторне використання очищених стічних вод, а також застосування циркулярних децентралізованих рішень, породжує невизначеність, яку державні та регіональні органи в Європі прагнули усунути в останні роки. Таким чином, ЄС визнає, що інтеграція та здійснення циркулярних водних рішень до ЄС мають здійснюватися на різних рівнях у різних формах, включаючи:

1) місцеві нормативні акти, що передбачають обов'язкове застосування рішень з циркулярних водних шляхів або вимоги для їх включення до місцевої практики;

2) технічні вимоги до будівництва та планування, що встановлюються інституційними суб'єктами (мінімальні вимоги до якості води та процесу калібрування компонентів систем повторного використання дощової води та сірих вод);

3) фінансові стимули для придбання систем циркулярного водопостачання, в тому числі у формі зниження податків;

4) різні експериментальні проекти (наприклад, у нових житлових районах);

5) підтримку зав'язків із громадськістю та зацікавленими сторонами з метою підвищення обізнаності та забезпечення ширшого визнання циркулярних водних рішень [3].

Питання повторного використання стічних вод в ЄС регулюється Регламентом Європейського парламенту (ЄС) 2020/741, який встановлює мінімальні вимоги щодо повторного використання води, а також сприяння використанню води повторно у тих випадках, коли це доцільно та економічно ефективно, створюючи тим самим сприятливі умови для тих держав-членів, які бажають або потребують практики повторного використання води [25]. До інших нормативних актів, які регулюють циклічну економіку у сфері водопостачання та водовідведення належать: Директива Ради ЄС 91/271/ЄЕС «Про очищення міських стічних вод» від 21 травня 1991 року [32], Директива «Про осад стічних вод» 86/278/ЄЕС [6], Регламент ЄС 2019/1009 «Безпечні та ефективні добрива на ринку ЄС» [23], Директива Ради ЄС «Про відходи» 2008/98/ЄС [10], Директива Ради ЄС «Про промислові викиди» 2010/75/ЄС (IED) [11], Директива Ради ЄС «Про енергоефективність» 2012/27/ЄС [31].

Таким чином, повторне використання води розглядається як ефективний спосіб сприяння вирішенню проблеми нестачі води та посухи

в ЄС, в тому числі, зменшення забруднення стічними водами, а також витрат на очищення. Повторне використання води може мати менший вплив на навколишнє середовище, ніж інші альтернативні джерела водопостачання, такі як передача або опріснення води.

Повторне використання рекуперованих вод є загальноприйнятою практикою в ряді країн ЄС, особливо тих, які мають нестачу водних ресурсів (Греція, Іспанія, Італія, Кіпр, Мальта, Португалія, Франція), де повторне використання стало невід'ємним та ефективним компонентом стратегії довгострокового управління водними ресурсами.

В даний час щорічно повторно використовується близько 1 мільярда кубометрів очищених міських стічних вод, що становить приблизно 2,4% очищених міських стічних вод і менше 0,5% річного забору питної води в ЄС. Але потенціал ЄС набагато вищий, оцінюється близько 6 мільярдів кубометрів – у шість разів більше за поточний обсяг. Як південні держави-члени ЄС, такі як Іспанія, Італія, Греція, Мальта та Кіпр, так і північні держави-члени ЄС, такі як Бельгія, Німеччина та Великобританія, вже впровадили численні ініціативи щодо повторного використання води для сільського господарства (зрошення), промислового використання та поповнення водоносних горизонтів. Кіпр і Мальта вже повторно використовують понад 90% та 60% своїх стічних вод, відповідно, тоді як Греція, Італія та Іспанія повторно використовують від 5% до 12% своїх стічних вод, що ясно вказує на величезний потенціал для подальшого поглинання.

Проте, не дивлячись на всі перелічені переваги та потенціал, повторне використання рекуперованих вод не набуло широкого поширення в багатьох державах-членах ЄС. Європейськими аналітиками та експертами було визначено такі основні бар'єри для активного впровадження повторного використання рекуперованих вод:

1) неадекватне ціноутворення на воду та бізнес-моделі. Недостатня різниця в ціні на повторно використовувану очищену воду та питну воду, що посилюється відсутністю повного відшкодування витрат на більшості ринків води в ЄС (недотримання принципу «відшкодування витрат», встановленого статтею 9 Водної рамкової директиви [30]), що впливає на економічну привабливість проектів повторного використання води. Ціна на воду не враховує зовнішніх витрат, пов'язаних із циклом водозабору, очищення та скидання стічних вод;

2) недостатній моніторинг забору питної води. Недостатній моніторинг забору питної води спостерігається в багатьох державах-членах ЄС, в основному, в сільськогосподарському секторі (іригація). Той факт, що питна вода забирається із природних джерел безкоштовно (а іноді незаконно) або розподіляється понад норму, сприяє підтримці низького рівня попиту на очищену воду;

3) невизначеність для осіб, які приймають рішення. У зв'язку з тим, що різні держави-члени ЄС розробили різні стандарти, це створює деякі торгові бар'єри для сільськогосподарських товарів, де ці товари, що зрештою регенерованою водою, виставляються на загальний ринок як товари з «недостатнім» рівнем безпеки. У деяких державах-членах ЄС, де відсутні стандарти повторного використання води (держави-члени ЄС крім Греції, Іспанії, Італії, Кіпру, Мальти, Португалії, Франції), не врегульовано питання управління ризиками для здоров'я населення та навколишнього середовища через повторне використання води. Умови безпеки для здоров'я населення та довкілля, за яких стічні води можуть бути повторно використані, чітко не вказані у законодавстві ЄС в контексті сільського господарства, побутового використання та промислового використання. Низький рівень попиту на повторне використання води частково пояснюється недостатньою поінформованістю зацікавлених сторін про переваги повторного використання води.

На додаток до найбільш очевидних переваг (зниження економічних ризиків, пов'язаних із нестачею води, збереження водного середовища, економія витрат на комунальні послуги), існує безліч переваг, про які зацікавлені сторони не знають. Наприклад, економія енергії та викидів вуглецю, зниження витрат, зменшення впливу на навколишнє середовище, пов'язане із синтетичними добривами, місцевий економічний розвиток тощо. Якими б технічно та науково обґрунтованими не були схеми повторного використання води, вони можуть зазнати невдачі через відсутність суспільного визнання.

Крім того, повторне використання води для пиття зустрічає сильний суспільний опір. Тому, навіть, у разі повторного використання води, не придатної для пиття, важливу роль відіграє суспільне ставлення, як сприйняття якості води;

4) дуже суворі стандарти повторного використання води в деяких державах-членах ЄС. Там, де діють національні стандарти, вони

можуть бути дуже суворими, тим самим, обмежуючи економічну привабливість систем повторного використання води для потенційних інвесторів. Дотримання стандартів пов'язане із значними витратами, особливо якщо необхідно реконструювати існуючі очисні споруди. Ще однією перешкодою є велика кількість контрольованих параметрів якості та необхідна висока частота відбору проб, що спричиняє високі витрати на моніторинг якості води;

5) повторне використання води не розглядається як компонент інтегрованих підходів до управління водними ресурсами. Більш широкому застосуванню повторного використання води перешкоджає недостатньо інтегроване управління водними ресурсами, в основному, через фрагментацію відповідальності та повноважень щодо різних частин водного циклу; і відсутність зв'язку та співробітництва між заінтересованими сторонами, що беруть участь у всьому водному циклі, (зокрема, між заінтересованими сторонами в галузі водопостачання та водовідведення). У Водній рамковій директиві повторне використання води розглядається як один із можливих заходів для досягнення цілей Директиви в галузі якості (частина В Додатка VI), однак це залишається рекомендацією, а не вимогою [30]. Крім того, стаття 12 Директиви Ради ЄС 91/271/ЄЕС «Про очищення міських стічних вод» від 21 травня 1991 року [32] обмежується заохоченням повторного використання очищених стічних вод;

6) технічні бар'єри та наукова невизначеність. Сектор повторного використання води в ЄС здається зрілим, технічні рішення добре відомі та доступні для різних сфер господарської діяльності, проте ці рішення не завжди дешеві та доступні. Отже, залишається кілька технічних проблем застосування цих рішень. Наприклад, видалення мікрозабруднювачів із стічних вод, як-то: важких металів, фармацевтичних препаратів, метаболітів ліків, побутової хімії тощо, відбувається за допомогою традиційних методів очищення. Однак, ці методи виявлення та оптимізації відповідних технологій утилізації для різних видів води повторного використання непослідовні та ненадійні [1].

Очікується, що нові правила щодо мінімальних вимог до повторного використання води Регламенту ЄС 2020/741 [25], які наберуть чинності з 26 червня 2023 року допоможуть вирішити більшість із визначених проблем.



Таким чином, наразі відбувається зміна парадигми і країни ЄС проявляють активний інтерес до циклічної економіки підприємств водопостачання та водовідведення, повторного використання води, політики управління стічними водами.

### **4. Стан та перспективи впровадження циркулярного водопостачання в Україні**

Нинішня екологічна катастрофа та водна криза в Україні, спричинені війною, розв'язаною росією, є одними з найбільших проблем нашого часу. Наразі спрогнозувати всі можливі наслідки та назвати остаточну шкоду, завдану довкіллю від агресії росії, неможливо. Проблема з водою ніколи так гостро не стояла в Україні як сьогодні. Війна та екологічна катастрофа ще більше посилили дефіцит води, який існував і раніше.

Через війну понад 4,6 млн людей в Україні мають проблеми з доступом до питної води. Внаслідок війни близько 20% площі всіх природоохоронних територій України перебувають в небезпеці або під загрозою знищення. Це несе загрозу стратегічним цілям зі збереження біорізноманіття, призводить до зменшення потенціалу поглинання парникових газів, посилює процес опустелювання та деградації, особливо на землях сільськогосподарського призначення. Критична загроза постала перед ендемічними видами рослин і тварин, їх зникнення носитиме катастрофічні наслідки для біорізноманіття планетарного масштабу. Майже 3 млн гектарів лісу в Україні були охоплені воєнними діями [34].

Зрозуміло, що відновлення України потребуватиме нових нетрадиційних підходів, які базуватимуться на балансі між економічних, екологічних та соціальних інтересів. Національна рада з відновлення України від наслідків війни відповідно до Указу Президента від 21 квітня 2022 року № 266/2022 в рамках 24 робочих груп розробила план заходів з післявоєнного відновлення та розвитку України, перелік пропозицій щодо пріоритетних реформ та стратегічних ініціатив, проектів нормативно-правових актів, прийняття і реалізація яких є необхідними для ефективної роботи та відновлення України у воєнний і післявоєнний періоди [34]. Зокрема, відновлення екологічної безпеки України передбачає реалізацію заходів з планів переходу до нульового забруднення

та циркулярної економіки відповідно до цілей Європейського Зеленого Курсу та відбудову інфраструктури управління відходами.

В рамках Угоди про асоціацію між Україною та ЄС Україна взяла на себе зобов'язання щодо гармонізації національного законодавства з європейським. Це сприяло тому, що в 2017 році було прийнято Національну стратегію поводження з відходами, яка передбачає, зокрема, запровадження принципів циркулярної економіки, згідно із якою використані матеріали та відходи знову стають сировиною для економіки. Це має вирішити проблеми дефіциту природних ресурсів, високих цін на сировину і знизити залежність від імпортованих матеріалів [39]. 9 грудні 2022 року було схвалено Водну стратегію України на період до 2050 року, яка визначає основні засади державної політики у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів та спрямована на досягнення взаємної узгодженості, пов'язаної з їх використанням, підвищення рівня водної безпеки та скорочення до прийняттого рівня ризиків з управління водними ресурсами на засадах сталого інтегрованого управління водними ресурсами [38]. Крім того, 10 червня 2023 року набирає чинності новий Закон України «Про управління відходами» № 2320-IX від 10.06.2022 року, що визначає правові, організаційні, економічні засади діяльності щодо запобігання утворенню, зменшення обсягів утворення відходів, зниження негативних наслідків від діяльності з управління відходами, сприяння підготовці відходів до повторного використання, рециклінгу і відновленню з метою запобігання їх негативному впливу на здоров'я людей та навколишнє природне середовище, в тому числі у сфері стічних вод. Інший важливий закон, розроблений в рамках гармонізації національного законодавства з європейським, який набирає чинності 7 серпня 2023 року, це Закон України «Про водовідведення та очищення стічних вод» від 12.01.2023 № 2887-IX, який визначає правові, економічні та організаційні засади функціонування системи водовідведення, спрямовані на створення сприятливих умов життєдіяльності людини та захист навколишнього природного середовища від негативного впливу стічних вод [36]. Ці нормативні акти, а також Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» [37] визначили правові підстави для регулювання порядку повторного використання стічних вод.

За закладеними за радянських часів технологіями вода очищалася, транспортувалася кілометровими трубопроводами, після використання отримувала статус «стічні води», які потім знову очищалися, перш ніж бути скинутими у навколишнє середовище, водойми. Такий лінійний процес повторювався роками, і не на кожному підприємстві були очисні споруди. Природне середовище діє як буфер між очищеними стічними водами, що скидаються вгору за течією, і водою, яка потім збирається для споживання, вниз за течією. В циклічному процесі вода може бути використана повторно, оскільки вона може бути переміщена як вектор ресурсів, включаючи енергію та матеріали.

Слід зазначити, що до 2017 року питання повторного використання стічних вод не було врегульовано для підприємств водопостачання та водовідведення. Єдине, що було визначено на державному рівні – це критерії можливості використання осаду та мулу, що утворювався на каналізаційних очисних спорудах, в сільськогосподарських та лісогосподарських угіддях за умови відповідності якості осаду та мулу технічним умовам, затвердженим у встановленому порядку. Критерієм неможливості використання осаду та мулу у сільському господарстві був підвищений вміст важких металів, токсичних речовин тощо. Зважаючи на те, що осад стічних вод відноситься до відходів (в розумінні Закону України «Про відходи»), поводження з ним потребувало дотримання встановлених гігієнічних норм.

Використання відходів від стічних вод як вторинної сировини у сільському господарстві як добрива, меліоранти тощо дозволялося лише після вивчення впливу їх на санітарний стан ґрунту та суміжних середовищ, біологічної оцінки сільгосппродукції (експерименту на тваринах). Мінеральне добриво чи інший продукт, виготовлений із застосуванням відходів, повинно було мати висновок державної санітарно-гігієнічної експертизи, за результатами якої місцеві санітарно-епідеміологічні служби своїм рішенням могли дозволити або заборонити використання осаду каналізаційних очисних споруд як добрива через перевищення у ньому важких металів, токсичних речовин (*особливо багато рішень про заборону використання було прийнято після Чорнобильської катастрофи 1986 р.*).

Також відходи від стічних вод можна було використовувати як добавок при виробництві будівельних матеріалів, у дорожньому будівництві

та ін. (виготовленні бетонних блоків, цегли, будівництві доріг, ґрунтових споруд, фундаментів будівель, засипанні вироблених порожнин і т.д.). Про що необхідно було мати гігієнічний висновок щодо впливу токсичних інгредієнтів відходів на об'єкти навколишнього середовища (повітря). Гігієнічну оцінку використання промислових відходів проводили органи державного санітарного нагляду із залученням науково-дослідних інститутів, кафедр та лабораторій медичних інститутів гігієнічного профілю, атестованих на цей вид діяльності.

Основними причинами затримки впровадження повторного використання стічних вод та осаду каналізаційних очисних споруд були: відсутність норм регулювання, стандартів, технологій очищення стічних вод до рівня повторного використання, технологій з переробки осаду каналізаційних очисних споруд, брак фінансування та інвестицій. Наявні системи обробки осаду на комплексах очисних споруд більшості підприємств водопостачання та водовідведення включають ущільнення, зневоднення та складування на відкритих мулових майданчиках для зневоднення, що призводить до забруднення підземних вод, повітряного басейну та ін.

У 2018 році було прийнято Порядок повторного використання очищених стічних вод та осаду за умови дотримання нормативів гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин, який набув чинності 12 лютого 2019 року [35]. Згідно із цим Порядком очищені стічні води можуть використовуватися як технічна вода для забезпечення виробничих процесів у промисловості і для зрошування земель сільськогосподарського призначення. Якість очищених стічних вод для зрошування оцінюється за критеріями, встановленим ДСТУ 2730:2015 та іншими національними стандартами за якістю води для зрошування, і повинна відповідати встановленим у дозволі на спеціальне водокористування нормативам гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин. Вимоги до стічних вод для зрошування і удобрювання мають відповідати вимогам ДСТУ 7369:2013.

Заборонено використовувати для зрошування очищені стічні води:

- 1) на території, де вирощуються ягідні культури, овочеві культури, які використовуються в сирому вигляді, а також лікувальні трави або рослини;
- 2) у разі перевищення встановлених у дозволі на спеціальне водокористування нормативів гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин;
- 3) концентрація забруднень у яких перевищує

нормативи вмісту сполук токсичних елементів в очищених стічних водах (відповідно до таблиць 1, 2 ДСТУ 7369:2013); 4) які містять патогенні мікроорганізми, вірулентні віруси, життєздатні яйця гельмінтів.

На територіях, які зрошувалися очищеними стічними водами, протягом року після зрошування заборонено вирощувати овочеві та ягідні культури, лікарські трави та пряні рослини для споживання або на корм тваринам та випасати худобу.

Осади стічних вод, що використовуються для удобрення, повинні відповідати вимогам ДСТУ 7369:2013, мати позитивний висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи та можуть використовуватися: 1) для удобрення ґрунтів (окрім земель природно-заповідного та іншого природоохоронного, оздоровчого і рекреаційного призначення); 2) як альтернативний вид палива.

Повторне використання осадів стічних вод в якості альтернативного виду палива повинне відповідати наступним умовам: 1) використання як безпосередньо на каналізаційних очисних спорудах, так і в інших галузях промисловості; 2) використання населенням заборонене; 3) при використанні вологість осадів стічних вод повинна складати не більше 25%. Спалювання осадів стічних вод здійснюється в печах, конструкція яких враховує особливості хімічного складу осадів і можливість подальшого використання мінеральної частини [35].

Отже, становлення моделі повторного використання води в Україні, у тому числі й інноваційних технологій з очищення, доочищення, перероблення, утилізації тощо, перебувають на початковій стадії розвитку. Активізація процесів впровадження циклічної економіки у сфері водопостачання та водовідведення може бути розпочата як на рівні держави, місцевому рівні, так і на рівні підприємства водопостачання та водовідведення. Зокрема, створення суб'єктами господарювання комплексів безстічних і замкнених систем водоспоживання, запровадження підприємствами питного водопостачання та централізованого водовідведення водооборотних циклів та повторного використання нормативно очищених вод та дощових вод (після очищення) для технічних потреб, визначено завданням для досягнення цілі «Забезпечення необхідної кількості водних ресурсів для відновлення та оздоровлення водних екосистем і досягнення стійкого водозабору та водопостачання» Водної стратегії України на період до 2050 року [38].

Однак самостійно підтримувати необхідні темпи розвитку інноваційних технологій підприємства водопостачання та водовідведення не в змозі з наступних причин:

1) низька енергоефективність виробництва (енергоємність ВВП в Україні в 2-3 рази вища, ніж у середньому по ЄС);

2) значне забруднення навколишнього природного середовища (грунту, води, повітря) промисловими і транспортними викидами, муніципальними стічними водами і твердими побутовими відходами, що призводить до деградації довкілля і втрати біологічного розмаїття;

3) значний знос основних виробничих фондів, домінуванням виробництв з низьким технологічним укладом;

4) низький рівень розвитку екологічної та інноваційної культури в суспільстві, приватного підприємництва, державно-приватного партнерства, сприйнятливості бізнесу і виробництва до нових інноваційних технологій і наукових досліджень;

5) неефективна державна політика у сфері водопостачання та водовідведення, в тому числі тарифна політика;

6) складний фінансовий стан підприємств, відсутність фінансування;

7) відсутність державної системи управління ризиками, відсутність системи управління ризиками на підприємстві;

8) відсутність ефективного правового регулювання як фундаментальних основ державної політики;

9) відсутність необхідного інвестиційного попиту на інновації з боку підприємств водопостачання та водовідведення;

10) відсутність підтримки науково-дослідних установ та залучення їх до розробки інноваційних заходів для впровадження кругової економіки [33].

Таким чином, нові стратегічні орієнтири сфери водопостачання та водовідведення мають посилити роботу підприємств водопостачання та водовідведення в цих напрямках. У свою чергу, бізнес-плани, інвестиційні плани підприємств мають містити конкретні заходи з реалізації стратегічних цілей, дані про ресурси, строки виконання, управління ризиками, а також показники й індикатори реалізації стратегічних та планових заходів.

### 4. Висновки

Циклічна економіка може забезпечити вирішення багатьох проблем використання водних ресурсів в Україні у поствоєнний період відновлення. Створюючи більш сталі способи використання та управління водними ресурсами, циклічна економіка може допомогти: підвищити доступність води (питна вода для пиття, інша для сільського господарства, промисловості тощо); знизити надлишковий забір води; зменшити енергоспоживання, пов'язане із видобутком, очищенням та розподілом води; знизити біогенне навантаження на водні ресурси; зменшити виробничі витрати; зменшити кількість використання добрив у сільському господарстві; підвищити заходи з охорони навколишнього середовища, створити нові робочі місця тощо. Регеновану воду можна використовувати по-різному і для різних цілей. Однак кожен потенціал використання має різні наслідки для сфери її використання (здоров'я людини, побуту, промисловості, навколишнього середовища тощо).

Крім повторного використання води, існує також величезний потенціал для вилучення ресурсів з очищеної стічної води, яка містить різні хімічні елементи. Побічні продукти, отримані в результаті очищення та перероблення стічних вод можуть бути використані як сільськогосподарські добрива (азот, фосфор), біополімери тощо.

Повторне використання води широко та успішно практикується у кількох державах-членах ЄС, а також, в Ізраїлі, США, Австралії та Сінгапурі. Але, незважаючи на успішний досвід, впроваджувати інноваційні технології з повторного використання води, очищення стічних вод можуть далеко не всі. Тому масового впровадження циклічної економіки у сфері водопостачання та водовідведення (повторного використання ресурсів) у світі і в Європі не відбулося. До причин, які впливають на це, відносять і недосконалу регуляторну політику, і недостатність інвестицій, і обмежену поінформованість зацікавлених сторін, і відсутність активного діалогу між зацікавленими сторонами, і відсутність попиту на подібного роду «продукти» тощо.

Європейський досвід та успішні практики можуть бути проаналізовані для набуття загального досвіду, прийняття управлінських рішень із впровадження циклічної економіки у сфері водопостачання та водовідведення у поствоєнній Україні.

Для впровадження циркулярного водопостачання і розвитку інноваційних технологій підприємствам водопостачання та водовідведення України необхідні: державна регуляторна підтримка (нормативні акти та стандарти); фінансова підтримка (тарифна політика, стимули, пряма та непряма допомога); інформаційно-інноваційна політика; система управління ризиками тощо. При цьому, всі зацікавлені сторони мають бути залучені від самого початку: підприємства водопостачання та водовідведення, органи державного регулювання, місцеві органи влади, підприємства сільського господарства, фермери, технологічні компанії, науково-дослідні інститути, асоціації споживачів тощо. Тільки тоді попит та пропозиція на «продукт» повторного використання води будуть створені рівною мірою.

### Список літератури:

1. Background document to the public consultation on policy options to optimise water reuse in the EU. URL: [https://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/water\\_reuse/Background\\_Public%20cons%20\\_Water%20Reuse\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/water_reuse/Background_Public%20cons%20_Water%20Reuse_en.pdf) (дата звернення: 15.03.2023).
2. Braungart M. Michael Braungart on the Benefits of Cradle to Cradle. 2022. URL: <https://femaleonezero.com/sustainability/michael-braungart-on-the-benefits-of-cradle-to-cradle> (дата звернення: 15.03.2023).
3. Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M.J., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L.N., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H., et al. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Res.* 2017. 115. P. 195–209. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28279940/> (дата звернення: 17.03.2023).
4. Changing how we produce and consume: New Circular Economy Action Plan shows the way to a climate-neutral, competitive economy of empowered consumers // European Commission / Press corner. URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_20\\_420](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_420) (дата звернення: 20.03.2023).
5. Circular Economy Action Plan: for a cleaner and more competitive. URL: [https://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/pdf/new\\_circular\\_economy\\_action\\_plan.pdf](https://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf) (дата звернення: 05.03.2023).
6. City of Atlanta Green Infrastructure Program. URL: <https://storymaps.arcgis.com/stories/c41bc3f84d8e4e70bc1672ffcd830f1f> (дата звернення: 15.03.2023).
7. Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31986L0278> (дата звернення: 15.03.2023).
8. Davidson, K., Gowen, R., Harrison, P., Fleming, L., Hoagland, P., Moschonas, G. Anthropogenic nutrients and harmful algae in coastal waters. *J Environ Manag.*



2014. 146. P. 206–216. URL: [https://www.researchgate.net/publication/265173691\\_Anthropogenic\\_nutrients\\_and\\_harmful\\_algae\\_in\\_coastal\\_waters](https://www.researchgate.net/publication/265173691_Anthropogenic_nutrients_and_harmful_algae_in_coastal_waters) (дата звернення: 18.03.2023).

9. De Kreuk, M.K., Picioreanu, C., Hosseini, M., Xavier, J.B., Van Loosdrecht, M.C.M. Kinetic model of a granular sludge SBR: Influences on nutrient removal. *Biotechnology and Bioengineering*. 2007. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34447304861&partnerID=MN8TOARS> (дата звернення: 17.03.2023).

10. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098> (дата звернення: 20.03.2023).

11. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32010L0075> (дата звернення: 20.03.2023).

12. Ellen Macarthur Foundation. What is a circular economy? 2022. URL: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview> (дата звернення: 12.03.2023).

13. EPA. Case studies on implementing low-cost modifications to improve nutrient reduction at wastewater treatment plants. 2015. URL: [https://www.epa.gov/sites/default/files/201508/documents/case\\_studies\\_on\\_implementing\\_low-cost\\_modification\\_to\\_improve\\_potw\\_nutrient\\_reduction-combined\\_508\\_-\\_august.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/201508/documents/case_studies_on_implementing_low-cost_modification_to_improve_potw_nutrient_reduction-combined_508_-_august.pdf) (дата звернення: 20.03.2023).

14. European Commission. *Communication from the Commission. Closing the Loop—An EU Action Plan for the Circular Economy*; COM 614; European Commission: Brussels, Belgium, 2015. URL: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2015-0614-final> (дата звернення: 20.03.2023).

15. European Commission. *Communication from the Commission—Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe*; COM 398; European Commission: Brussels, Belgium, 2014. URL: <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/circular-economy-communication.pdf> (дата звернення: 20.03.2023).

16. IWA.. Alternative water resources: a review of concepts, solutions and experiences. 2015. URL: <https://iwa-network.org/publications/alternative-water-resources-a-review-of-concepts-solutions-and-experiences/> (дата звернення: 20.03.2023).

17. Khaustova V., Trushkina N. The Infrastructural Provision of Regional Waste Management in the Context of a Circular Economy (Example of the Kharkiv Region). *THE PROBLEMS OF ECONOMY*. 2020. 4(54). P. 118–132. URL: [https://www.researchgate.net/publication/368898030-Infrastrukturne\\_zabezpecenna\\_regionalnogo\\_upravlinna\\_vidhodami\\_u\\_konteksti\\_cirkularnoi\\_ekonomiki\\_na\\_prikلامي\\_Harkivskoi\\_oblasti\\_The\\_Infrastructural\\_Provision\\_of\\_Regional\\_Waste\\_Management\\_in\\_the\\_Context](https://www.researchgate.net/publication/368898030-Infrastrukturne_zabezpecenna_regionalnogo_upravlinna_vidhodami_u_konteksti_cirkularnoi_ekonomiki_na_prikلامي_Harkivskoi_oblasti_The_Infrastructural_Provision_of_Regional_Waste_Management_in_the_Context) (дата звернення: 20.03.2023).

18. Kloosterman, R.A., van der Hoek, J.P. & Herder, P. Resilient Drinking Water Resources. *Water Resour Manage*. 2021. URL: <https://www.researchgate.net/>

publication/346962430\_Resilient\_Drinking\_Water\_Resources (дата звернення: 20.03.2023).

19. Mark van Loosdrecht. A technology push without a market pull. 2020. URL: <https://www.aquatechtrade.com/news/wastewater/mark-van-loosdrecht-on-wastewater-and-a-circular-economy/> (дата звернення: 20.03.2023).

20. Melnyk O., Horbal N., Zaliska L., Tiagnyriadko I. Circular economy model adoption for waste management in Ukraine: European experience / Strategies, models and technologies of economic systems management in the context of international economic integration: collective monograph. Riga, Latvia : Institute of Economics of the Latvian Academy of Sciences, 2020. 296 p.

21. Morales-Pinzón, T., Lurueña, R., Rieradevall, J., Gasol, C.M., Gabarrell, X. Financial feasibility and environmental analysis of potential rainwater harvesting systems: A case study in Spain. *Resour. Conserv. Recycl.* 2012. 69. P. 130–140. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9276/11/2/16> (дата звернення: 20.03.2023).

22. Newcombe, R. Municipal water reuse market set for explosive growth. 2009. URL: <http://www.prweb.com/releases/water/reuse/prweb3009814.htm> (дата звернення: 19.03.2023).

23. Ocampo-Martinez, C. Puig, V., Cembrano, G., Creus, R. Improving water management efficiency by using optimization-based control strategies: The Barcelona case study. *Water Science & Technology Water Supply.* 2009. 9(5). P. 565–575. URL: [https://www.researchgate.net/publication/228698794\\_Improving\\_water\\_management\\_efficiency\\_by\\_using\\_optimization-based\\_control\\_strategies\\_The\\_Barcelona\\_case\\_study](https://www.researchgate.net/publication/228698794_Improving_water_management_efficiency_by_using_optimization-based_control_strategies_The_Barcelona_case_study) (дата звернення: 20.03.2023).

24. Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32019R1009> (дата звернення: 20.03.2023).

25. REGULATION (EU) 2020/741 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 May 2020. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0741> (дата звернення: 20.03.2023).

26. Riedesel K. (2021). Circular Economy: A Qualitative Analysis of Circular Economy Project, Policy, and Framework in Trondheim, Norway. NTNU. URL: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2785213/no.ntnu:inspera:80625974:46745345.pdf?sequence=1> (дата звернення: 15.03.2023).

27. Ritchie, H., Roser, M. Water Use and Stress. *Our world in data.* 2015. URL: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>

28. Tao, W., Sauba, K., Fattah, K.P., Smith, J.R. Designing constructed wetlands for wastewater reclamation. 2016. URL: [https://www.researchgate.net/publication/312078855\\_Designing\\_constructed\\_wetlands\\_for\\_reclamation\\_of\\_pretreated\\_wastewater\\_and\\_stormwater](https://www.researchgate.net/publication/312078855_Designing_constructed_wetlands_for_reclamation_of_pretreated_wastewater_and_stormwater) (дата звернення: 20.03.2023).

29. Xi, X., Poh, K.L. A Novel Integrated Decision Support Tool for Sustainable Water Resources Management in Singapore: Synergies Between System Dynamics and Analytic Hierarchy Process. *Water Resources Management.* 2014. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Xi-Xi-22/publication/268576129\\_](https://www.researchgate.net/profile/Xi-Xi-22/publication/268576129_)

A\_Novel\_Integrated\_Decision\_Support\_Tool\_for\_Sustainable\_Water\_Resources\_Management\_in\_Singapore\_Synergies\_Between\_System\_Dynamics\_and\_Analytic\_Hierarchy\_Process/links/5470a58c0cf216f8cfaa4560/A-Novel-Integrated-Decision-Support-Tool-for-Sustainable-Water-Resources-Management-in-Singapore-Synergies-Between-System-Dynamics-and-Analytic-Hierarchy-Process.pdf (дата звернення: 20.03.2023).

30. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 2000 року. *База даних: Законодавство України.* URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text) (дата звернення: 18.03.2023).

31. Директива Європейського парламенту і Ради 2012/27/ЄС від 25 жовтня 2012 року про енергоефективність, внесення змін до директив 2009/125/ЄС і 2010/30/ЄС та про скасування директив 2004/8/ЄС і 2006/32/ЄС. *База даних: Законодавство України.* URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_017-12#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_017-12#Text) (дата звернення: 18.03.2023).

32. Директива Ради 91/271/ЄЕС «Про очистку міських стічних вод» від 21 травня 1991 року ЄЕС. *База даних: Законодавство України.* URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_911#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_911#Text) (дата звернення: 18.03.2023).

33. Крилова І.І. Державне регулювання сфери водопостачання та водовідведення в Україні : дис. ... доктра наук держ упр. : спец. 25.00.02. Київ : НАДУ, 2021. 717 с.

34. Національна рада з відновлення України. *База даних : сайт КМУ.* URL: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/nacionalna-rada-z-vidnovlennya-ukrayini-vid-naslidkiv-vijni/robotni-grupi> (дата звернення: 20.03.2023).

35. Порядок повторного використання очищених стічних вод та осаду за умови дотримання нормативів гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин : Наказ Мінрегіону України від 12.12.2018 № 341. *База даних : Законодавство України.* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0075-19#Text> (дата звернення: 18.03.2023).

36. Про водовідведення та очищення стічних вод : Закон України від 12.01.2023 № 2887-IX. *База даних: Законодавство України.* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2887-20#Text> (дата звернення: 20.03.2023).

37. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення : Закон України від 10.01.2002 № 2918-III. *База даних: Законодавство України.* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text> (дата звернення: 20.03.2023).

38. Про схвалення Водної стратегії України на період до 2050 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 9 грудня 2022 р. № 1134-р. *База даних : Законодавство України.* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text> (дата звернення: 20.03.2023).

39. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України; від 08.11.2017 № 820-р. *База даних : Законодавство України.* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 20.03.2023).

40. Тверда О.Я., Репін М.В., Ткачук К.К., Горбачова К.Ю. Впровадження моделі циркулярної або кругової економіки у гірничовидобувній галузі.

*Екологічні науки*. 2020. № 2(29). Т. 1. URL: [http://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2020/2/part\\_1/10.pdf](http://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2020/2/part_1/10.pdf) (дата звернення: 20.03.2023).

41. Хоменко О.В. Циркулярна економіка – основа сталого розвитку. 2018. URL: <https://sinologist.com.ua/homenko-o-v-tyrkulyarna-ekonomika-osnova-stalogo-rozvytku-knr/> (дата звернення: 20.03.2023).

42. Хоміч Л. Стічні води: шляхи використання. *ECOBUSINESS. Екологія підприємства*. 2019. № 4. URL: [https://ecolog-ua.com/news/stichni-vody-shlyahy-vykorystannya#:~:text=\(дата звернення: 19.03.2023\).](https://ecolog-ua.com/news/stichni-vody-shlyahy-vykorystannya#:~:text=(дата звернення: 19.03.2023).)

43. Циркулярна економіка: як новий спосіб господарювання в умовах цифрової трансформації : колективна монографія / За науковою ред. к.е.н., доц. Татомир І.Л., к.е.н., доц. Квасній Л.Г. Трускавець : ПОСВІТ, 2021. 124 с.

### References:

1. Background document to the public consultation on policy options to optimise water reuse in the EU. Available at: [https://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/water\\_reuse/Background\\_Public%20cons%20\\_Water%20Reuse\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/water_reuse/Background_Public%20cons%20_Water%20Reuse_en.pdf) (accessed 15 March 2023).

2. Braungart, M. (2022). Michael Braungart on the Benefits of Cradle to Cradle. Available at: <https://femaleonezero.com/sustainability/michael-braungart-on-the-benefits-of-cradle-to-cradle> (accessed 15 March 2023).

3. Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M.J., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L.N., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H., et al. (2017). Urban rain-water harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Res.* 115, pp. 195–209. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28279940/> (accessed 17 March 2023).

4. Changing how we produce and consume: New Circular Economy Action Plan shows the way to a climate-neutral, competitive economy of empowered consumers // European Commission / Press corner. Available at: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_20\\_420](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_420) (accessed 20 March 2023).

5. Circular Economy Action Plan: for a cleaner and more competitive. Available at: [https://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/pdf/-new\\_circular\\_economy\\_action\\_plan.pdf](https://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/pdf/-new_circular_economy_action_plan.pdf) (accessed 05 March 2023).

6. City of Atlanta Green Infrastructure Program. Available at: <https://storymaps.arcgis.com/stories/c41bc3f84d8e4e70bc1672ffcd830f1f> (accessed 15 March 2023).

7. Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31986L0278> (accessed 15 March 2023).

8. Davidson, K., Gowen, R., Harrison, P., Fleming, L., Hoagland, P., Moschoinas, G. (2014). Anthropogenic nutrients and harmful algae in coastal waters. *J Environ Manag.* 146, pp. 206–216. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/265173691\\_Anthropogenic\\_nutrients\\_and\\_harmful\\_algae\\_in\\_coastal\\_waters](https://www.researchgate.net/publication/265173691_Anthropogenic_nutrients_and_harmful_algae_in_coastal_waters) (accessed 18 March 2023).

9. De Kreuk, M.K., Picioreanu, C., Hosseini, M., Xavier, J.B., Van Loosdrecht, M.C.M. (2007). Kinetic model of a granular sludge SBR: Influences

on nutrient removal. *Biotechnology and Bioengineering*. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34447304861&partnerID=MN8TOARS> (accessed 17 March 2023).

10. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098> (accessed 20 March 2023).

11. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32010L0075> (accessed 20 March 2023).

12. Ellen Macarthur Foundation (2022). What is a circular economy? Available at: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview> (accessed 12 March 2023).

13. EPA (2015). Case studies on implementing low-cost modifications to improve nutrient reduction at wastewater treatment plants. Available at: [https://www.epa.gov/sites/default/files/201508/documents/case\\_studies\\_on\\_implementing\\_low-cost\\_modification\\_to\\_improve\\_potw\\_nutrient\\_reduction-combined\\_508\\_-\\_august.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/201508/documents/case_studies_on_implementing_low-cost_modification_to_improve_potw_nutrient_reduction-combined_508_-_august.pdf) (accessed 20 March 2023).

14. European Commission. *Communication from the Commission. Closing the Loop—An EU Action Plan for the Circular Economy*; COM 614; European Commission: Brussels, Belgium, 2015. Available at: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2015-0614-final> (accessed 20 March 2023).

15. European Commission. *Communication from the Commission—Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe*; COM 398; European Commission: Brussels, Belgium, 2014. Available at: <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/circular-economy-communication.pdf> (accessed 20 March 2023).

16. IWA (2015). Alternative water resources: a review of concepts, solutions and experiences. Available at: <https://iwa-network.org/publications/alternative-water-resources-a-review-of-concepts-solutions-and-experiences/> (accessed 20 March 2023).

17. Khaustova V., Trushkina N. (2020). The Infrastructural Provision of Regional Waste Management in the Context of a Circular Economy (Example of the Kharkiv Region). *THE PROBLEMS OF ECONOMY*, 4(54), pp. 118–132. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/368898030-\\_Infrastrukturne\\_zabezpeचना\\_regionalnogo\\_upravlinna\\_vidhodami\\_u\\_konteksti\\_cirkularnoi\\_ekonomiki\\_na\\_prikladi\\_Harkivskoi\\_oblasti\\_The\\_Infrastructural\\_Provision\\_of\\_Regional\\_Waste\\_Management\\_in\\_the\\_Context](https://www.researchgate.net/publication/368898030-_Infrastrukturne_zabezpeचना_regionalnogo_upravlinna_vidhodami_u_konteksti_cirkularnoi_ekonomiki_na_prikladi_Harkivskoi_oblasti_The_Infrastructural_Provision_of_Regional_Waste_Management_in_the_Context) (accessed 20 March 2023).

18. Kloosterman, R.A., van der Hoek, J.P. & Herder, P. (2021). Resilient Drinking Water Resources. *Water Resour Manage*. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/346962430\\_Resilient\\_Drinking\\_Water\\_Resources](https://www.researchgate.net/publication/346962430_Resilient_Drinking_Water_Resources) (accessed 20 March 2023).

19. Mark van Loosdrecht (2020). A technology push without a market pull. Available at: <https://www.aquatechtrade.com/news/wastewater/mark-van-loosdrecht-on-wastewater-and-a-circular-economy/> (accessed 20 March 2023).

20. Melnyk O., Horbal N., Zaliska L., Tiagnyriadko I. (2020). Circular economy model adoption for waste management in Ukraine: European experience / Strategies, models and technologies of economic systems management in the context of international economic integration: collective monograph. Riga, Latvia: Institute of Economics of the Latvian Academy of Sciences, 296 p.
21. Morales-Pinzón, T., Lurueña, R., Rieradevall, J., Gasol, C.M., Gabarrell, X. (2012). Financial feasibility and environmental analysis of potential rainwater harvesting systems: A case study in Spain. *Resour. Conserv. Recycl.*, 69, pp. 130–140. Available at: <https://www.mdpi.com/2079-9276/11/2/16> (accessed 20 March 2023).
22. Newcombe, R. (2009). Municipal water reuse market set for explosive growth. Available at: <http://www.prweb.com/releases/water/reuse/prweb3009814.htm> (accessed 19 March 2023).
23. Ocampo-Martinez, C. Puig, V., Cembrano, G., Creus, R. (2009). Improving water management efficiency by using optimization-based control strategies: The Barcelona case study. *Water Science & Technology Water Supply*, 9(5), pp. 565–575. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/228698794\\_Improving\\_water\\_management\\_efficiency\\_by\\_using\\_optimization-based\\_control\\_strategies\\_The\\_Barcelona\\_case\\_study](https://www.researchgate.net/publication/228698794_Improving_water_management_efficiency_by_using_optimization-based_control_strategies_The_Barcelona_case_study) (accessed 20 March 2023).
24. Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32019R1009> (accessed 20 March 2023).
25. REGULATION (EU) 2020/741 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 May 2020. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0741> (accessed 20 March 2023).
26. Riedesel, K. (2021). Circular Economy: A Qualitative Analysis of Circular Economy Project, Policy, and Framework in Trondheim, Norway. NTNU. Available at: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2785213/no.ntnu:inspera:80625974:46745345.pdf?sequence=1> (accessed 15 March 2023).
27. Ritchie, H. & Roser, M. (2015). Water Use and Stress. Our world in data. Available at: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>
28. Tao, W., Sauba, K., Fattah, K.P., Smith, J.R. (2016). Designing constructed wetlands for wastewater reclamation. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/312078855\\_Designing\\_constructed\\_wetlands\\_for\\_reclamation\\_of\\_pretreated\\_wastewater\\_and\\_stormwater](https://www.researchgate.net/publication/312078855_Designing_constructed_wetlands_for_reclamation_of_pretreated_wastewater_and_stormwater) (accessed 20 March 2023).
29. Xi, X., Poh, K.L. (2014). A Novel Integrated Decision Support Tool for Sustainable Water Resources Management in Singapore: Synergies Between System Dynamics and Analytic Hierarchy Process. *Water Resources Management*. Available at: [https://www.researchgate.net/profile/Xi-Xi-22/publication/268576129\\_A\\_Novel\\_Integrated\\_Decision\\_Support\\_Tool\\_for\\_Sustainable\\_Water\\_Resources\\_Management\\_in\\_Singapore\\_Synergies\\_Between\\_System\\_Dynamics\\_and\\_Analytic\\_Hierarchy\\_Process/links/5470a58c0cf216f8cfaa4560/A-Novel-Integrated-Decision-Support-Tool-for-Sustainable-Water-Re](https://www.researchgate.net/profile/Xi-Xi-22/publication/268576129_A_Novel_Integrated_Decision_Support_Tool_for_Sustainable_Water_Resources_Management_in_Singapore_Synergies_Between_System_Dynamics_and_Analytic_Hierarchy_Process/links/5470a58c0cf216f8cfaa4560/A-Novel-Integrated-Decision-Support-Tool-for-Sustainable-Water-Re)

sources-Management-in-Singapore-Synergies-Between-System-Dynamics-and-Analytic-Hierarchy-Process.pdf (accessed 20 March 2023).

30. Dyrektyva 2000/60/JeS Yevropeiskoho Parlamentu i Rady "Pro vstanovlennia ramok diialnosti Spivtovaryarstva v haluzi vodnoi polityky" vid 23 zhovtnia 2000 roku. *Baza danykh: Zakonodavstvo Ukrainy*. Available at: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text) (accessed 18 March 2023).

31. Dyrektyva Yevropeiskoho parlamentu i Rady 2012/27/JeS vid 25 zhovtnia 2012 roku pro enerhoefektyvnist, vnesennia zmin do dyrektyv 2009/125/JeS i 2010/30/JeS ta pro skasuvannia dyrektyv 2004/8/JeS i 2006/32/JeS. *Baza danykh: Zakonodavstvo Ukrainy*. Available at: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_017-12#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_017-12#Text) (accessed 18 March 2023).

32. Dyrektyva Rady 91/271/JeS "Pro ochystku miskykh stichnykh vod" vid 21 travnia 1991 roku YeES. *Baza danykh: Zakonodavstvo Ukrainy*. Available at: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_911#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_911#Text) (accessed 18 March 2023).

33. Krylova I.I. (2021). Derzhavne rehuliuвання sfery vodopostachannia ta vodovidvedennia v Ukraini: dys. ... doktra nauk derzh upr.: spets. 25.00.02. Kyiv: NADU, 717 p.

34. Natsionalna rada z vidnovlennia Ukrainy. *Baza danykh: sait KMU*. Available at: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/nacionalna-rada-z-vidnovlennia-ukrayini-vid-naslidkiv-vijni/robochi-grupi> (accessed 20 March 2023).

35. Poriadok povtornoho vykorystannia ochyshchennykh stichnykh vod ta osadu za umovy dotrymannia normatyviv hranychno dopustymykh konsentratsii zabrudniuiuchykh rehovyn: Nakaz Minrehionu Ukrainy vid 12.12.2018 № 341. *Baza danykh: Zakonodavstvo Ukrainy*. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0075-19#Text> (accessed 18 March 2023).

36. Pro vodovidvedennia ta ochyshchennia stichnykh vod: Zakon Ukrainy vid 12.01.2023 № 2887-IX. *Baza danykh: Zakonodavstvo Ukrainy*. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2887-20#Text> (accessed 20 March 2023).

37. Pro pytnu vodu, pytne vodopostachannia ta vodovidvedennia: Zakon Ukrainy vid 10.01.2002 № 2918-III. *Baza danykh: Zakonodavstvo Ukrainy*. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text> (accessed 20 March 2023).

38. Pro skhvalennia Vodnoi stratehii Ukrainy na period do 2050 roku: rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 9 hrudnia 2022 r. № 1134-r. *Baza danykh: Zakonodavstvo Ukrainy*. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text> (accessed 20 March 2023).

39. Pro skhvalennia Natsionalnoi stratehii upravlinnia vidkhodamy v Ukraini do 2030 roku: Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy; vid 08.11.2017 № 820-r. *Baza danykh: Zakonodavstvo Ukrainy*. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text> (accessed 20 March 2023).

40. Tverda O.Ia., Repin M.V., Tkachuk K.K., Horbachova K.Iu. (2020). Vprovadzhennia modeli tsyrkuliarnoi abo kruhovoї ekonomiky u hirnychovydobuvnii haluzi. *Ekolohichni nauky*, no. 2(29), t. 1. Available at: [http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2020/2/part\\_1/10.pdf](http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2020/2/part_1/10.pdf) (accessed 20 March 2023).

41. Khomenko O.V. (2018). Tsyrukuliarna ekonomika – osnova staloho rozvytku. Available at: <https://sinologist.com.ua/homenko-o-v-tsyrukulyarna-ekonomika-osnova-stalogo-rozvytku-knr/> (accessed 20 March 2023).

42. Khomich L. (2019). Stichni vody: shliakhy vykorystannia. *ECOBUSINESS. Ekolohiia pidpriemstva*, no. 4. Available at: <https://ecolog-ua.com/news/stichni-vody-shlyahy-vykorystannya#:~:text=> (accessed 19 March 2023).

43. Tsyrukuliarna ekonomika: yak novyi sposib hospodariuvannia v umovakh tsyfrovoy transformatsii: kolektyvna monohrafiia (2021) / Za naukovoii red. k.e.n., dots. Tatomyr I.L., k.e.n., dots. Kvasnii L.H. Truskavets: POSVIT, 124 p.