

СУТНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ В СУЧАСНОМУ СОЦІАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНОМУ КОНТЕКСТІ

У тезах досліджено сутність та особливості процесу цифровізації в сучасному соціально-екологічному контексті, які обумовлюють важливість його розгортання для забезпечення сталого розвитку. Розглянуто основні аспекти взаємодії цифрових технологій із соціально-екологічною системою, включно з підвищенням ефективності управління природними ресурсами, оптимізацією екологічного моніторингу та стимулюванням екологічної свідомості суспільства. Акцент зроблено на проблемах і викликах цифровізації, що виникають у сфері захисту навколишнього середовища, а також на ключових цифрових технологіях, які можуть сприяти їх розв'язанню.

Ключові слова: цифровізація, сталий розвиток, екологічний моніторинг, соціальна екологія, цифрові технології

Процес цифровізації в сучасному світі здійснює всебічний вплив на соціально-екологічні системи, створюючи інноваційні підходи для сталого розвитку та оптимізації використання природних ресурсів. Інтеграція цифрових технологій в управління екологічною сферою, підвищення ефективності управління енергетичними та водними ресурсами, розвиток екологічної свідомості суспільства сприяють комплексному покращенню екологічних показників. Утім, цифровізація ставить нові виклики у сфері енергоспоживання та утилізації відходів, які потребують стратегічного вирішення для мінімізації її негативного впливу на довкілля та здоров'я населення [1].

Інтернет речей (IoT) як інструмент екологічного моніторингу та управління. Інтернет речей відкриває широкі можливості для автоматизованого моніторингу стану довкілля та управління природними ресурсами, що є критично важливим для реагування на екологічні ризики. Використання IoT-сенсорів у природних екосистемах, міських зонах, промислових районах дозволяє безперервно отримувати дані про якість повітря, рівень забруднення води, стан ґрунтів і шумове навантаження. Ці дані передаються у хмарні сховища, де обробляються за допомогою алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) для аналізу тенденцій, виявлення ризиків та прогнозування змін. Результати аналізу дозволяють оперативно реагувати на екологічні загрози, покращуючи ефективність моніторингових систем та знижуючи екологічні ризики [2].

Прикладом є система моніторингу якості повітря в Пекіні, де понад 100 тисяч IoT-сенсорів дозволяють фіксувати дані в реальному часі. Завдяки цій технології міська влада може швидко виявляти джерела забруднення, контролювати рівень забруднення повітря та своєчасно реагувати на екологічні загрози. Результати показують, що завдяки цій системі рівень забруднення повітря скоротився на 15% за останні три роки, що є значним досягненням для мегаполісу [3].

Використання штучного інтелекту для ефективного управління водними ресурсами. Штучний інтелект значно підвищує ефективність використання водних ресурсів, дозволяючи знизити обсяги споживання води у сільському господарстві та промисловості, зберігаючи при цьому продуктивність. Алгоритми ШІ аналізують дані з сенсорів про стан ґрунтів, погодні умови та потреби рослин, дозволяючи точно розрахувати обсяг поливу та

уникнути надмірного використання води. Наприклад, у Швейцарії впровадження ІІІ для управління водними ресурсами в сільському господарстві дозволило знизити споживання води на 25%, що є значним досягненням у контексті сталого розвитку [4].

У промисловості ІІІ також допомагає зменшити витрати води завдяки ефективне планування технологічних процесів, підвищення точності операцій та можливість повторного використання води. Наприклад, заводи у Швеції, які використовують ІІІ для оптимізації виробничих процесів, змогли скоротити водоспоживання на 18%. Це стало можливим завдяки впровадженню інтелектуальних систем контролю, які дозволяють скорочувати обсяги споживаної води, знижуючи екологічне навантаження та витрати підприємств [5].

Розумні енергомережі (*smart grids*) як засіб зниження екологічного навантаження. Розумні енергомережі, що використовують ІІІ, забезпечують оптимальний розподіл електроенергії між споживачами та скорочення викидів вуглекислого газу, сприяючи зниженню залежності від викопного палива. Такі системи аналізують попит на електроенергію, регулюють потоки між споживачами, інтегрують відновлювані джерела енергії та автоматично адаптуються до зміни навантаження. У Німеччині розумні мережі дозволили знизити викиди CO₂ на 5-10% щорічно, забезпечуючи значний внесок у сталий розвиток [6].

Інтеграція розумних мереж у житлові та комерційні будівлі дозволяє значно скоротити витрати на енергоресурси, підвищити ефективність споживання та знизити екологічний слід. За оцінками дослідників, завдяки розумним мережам енергоспоживання в будівлях може скоротитися на 20-25%, що забезпечує значну економію для домогосподарств і сприяє екологічній стабільності [7]. Такі системи стають основою для розвитку енергоефективних та екологічно чистих міст майбутнього.

Роль цифровізації у розвитку екологічної свідомості та освіти. Цифрові платформи, мобільні додатки та соціальні мережі стають важливим джерелом екологічної інформації та формування екологічної свідомості серед населення, надаючи доступ до даних про стан довкілля та екологічні загрози. За даними ЮНЕСКО, близько 72% молоді отримують інформацію про екологічні проблеми через цифрові ресурси, що сприяє підвищенню рівня екологічної обізнаності серед населення [8].

Платформи, такі як GreeMap, дозволяють користувачам ділитися екологічними проблемами, брати участь в екологічних акціях, що формує екологічну відповідальність і спонукає до дій. Наприклад, інтерактивні карти, що відображають рівень забруднення, дозволяють користувачам моніторити стан довкілля та долучатися до заходів з покращення ситуації. Такі проекти стимулюють суспільство до активної участі у вирішенні екологічних проблем, створюючи культуру екологічної відповідальності [9].

Виклики енергоспоживання у процесі цифровізації. Зростання цифровізації суттєво підвищує енергоспоживання через потребу у підтримці потужних дата-центрів, хмарних сервісів та інфраструктури обробки даних. Це призводить до збільшення викидів вуглекислого газу та необхідності пошуку альтернативних, екологічно чистих джерел енергії. Наприклад, щорічне споживання енергії дата-центрами Google становить понад 12 ТВт·год, що дорівнює річному споживанню електроенергії невеликої країни [10].

Для розв'язання цієї проблеми впроваджуються технології, що забезпечують енергоефективне функціонування дата-центрів. Один з інноваційних підходів – це підводні дата-центри Microsoft, що використовують природне охолодження водою та знижують витрати на енергію для охолодження серверів. Цей підхід дозволяє суттєво зменшити викиди CO₂ і знизити енергоспоживання, що важливо для сталого розвитку цифрових технологій [11].

Проблема електронних відходів у контексті цифровізації. Збільшення використання цифрових пристроїв створює нову екологічну проблему – накопичення електронних відходів, які містять небезпечні для довкілля компоненти, такі як свинець, ртуть, кадмій. Щорічно у світі утворюється понад 50 мільйонів тонн електронних відходів, з яких переробляється менше ніж 20%. Це спричиняє забруднення ґрунтів, підземних вод та негативно впливає на здоров'я людей [12].

Для боротьби з електронними відходами розробляються програми переробки, що включають повторне використання компонентів пристроїв, які ще придатні для експлуатації. Європейський Союз активно підтримує програми з утилізації електронних відходів, зокрема програми з повторного використання матеріалів, що сприяє зниженню екологічного навантаження та забезпечує збереження природних ресурсів [13].

Цифрові платформи для спільних екологічних ініціатив. Цифрові платформи дозволяють об'єднувати зусилля людей для реалізації екологічних ініціатив, спрямованих на зменшення кількості відходів, розширення можливостей переробки та запровадження практик сталого розвитку. Європейська платформа *Zero Waste Society (ZWS)* є прикладом такої платформи, яка об'єднує активістів, компанії та громадські організації для спільного обміну ідеями та ресурсами задля впровадження безвідходного способу життя [14].

Такі платформи забезпечують доступ до знань про екологічно чисті технології, сприяють популяризації ідей циркулярної економіки та стимулюють екологічно відповідальне ставлення до ресурсів. Учасники ZWS організовують акції з переробки, зниження відходів, обмін речами та матеріалами, що є основою для формування суспільства, орієнтованого на збереження навколишнього середовища.

Цифровізація у транспортній інфраструктурі для зменшення забруднення. Цифрові технології сприяють модернізації транспортної інфраструктури, знижуючи рівень забруднення повітря та оптимізуючи потоки транспорту. Наприклад, системи розумного управління трафіком на основі ШІ допомагають зменшувати затори, оптимізувати маршрути та знижувати витрати пального. У Сінгапурі, де запроваджено комплексну систему контролю руху, вдалося скоротити викиди CO₂ на 15% завдяки оптимізації руху на дорогах [15]. Такі системи можуть стати основою для розвитку екологічно чистого міського транспорту та зниження екологічного навантаження на міста.

Цифровізація ланцюгів поставок та зниження викидів. Цифрові рішення, такі як блокчейн та IoT, відіграють важливу роль у вдосконаленні ланцюгів поставок і зниженні викидів CO₂. Блокчейн забезпечує прозорість даних щодо руху товарів, а сенсори IoT дозволяють контролювати стан продукції на кожному етапі. Завдяки цьому можна знизити витрати на транспортування та зменшити обсяги відходів. Наприклад, американська компанія Walmart запровадила цифрові рішення для відстеження поставок продуктів, що дозволило зменшити витрати та мінімізувати відходи на 20% [16]. Подібні ініціативи сприяють розвитку відповідального ставлення до ресурсів та скорочення екологічного сліду підприємств.

Вплив цифровізації на збереження біорізноманіття. Цифрові технології відіграють ключову роль у дослідженні та збереженні біорізноманіття. Зокрема, технології дронів, супутникового моніторингу та ШІ дозволяють вивчати екосистеми, відстежувати популяції рідкісних видів і прогнозувати екологічні зміни. У Бразилії дрони використовують для моніторингу стану лісів Амазонії, що дозволяє оперативно виявляти випадки вирубування дерев і зберігати біорізноманіття тропічних лісів [17]. Такі ініціативи допомагають не лише виявляти загрози біорізноманіттю, а й створюють умови для його довготривалого збереження.

Висновок

Цифровізація значно впливає на соціально-екологічні системи, підвищуючи можливості для моніторингу довкілля, раціонального управління ресурсами та формування екологічної свідомості серед населення. Водночас вона породжує нові виклики, зокрема у сфері енергоспоживання та утилізації електронних відходів, які потребують розробки стратегій для сталого розвитку цифрових технологій. Комплексний підхід до впровадження цифровізації, який враховує екологічні аспекти, може сприяти збереженню природних ресурсів та покращенню якості життя майбутніх поколінь.

Використані джерела:

1. Schmidheiny S., Zorraquín F. The Impact of Digitalization on Sustainable Development // New York: Earthscan, 2022. – P. 25-40.
2. Internet of Things in Environmental Monitoring. Journal of Environmental Protection: Vol. 15, № 3 (2023). – P. 12-19.
3. Xiang Y., Li M. China's National Air Monitoring System and Pollution Reduction // Environmental Research Letters: Vol. 23, № 7 (2023). – P. 65-73.
4. Green AI Solutions in Agriculture. Precision Agriculture Journal: Vol. 29, № 2 (2022). – P. 54-60.
5. Johnson M., Keller R. Efficient Water Management Through Digitalization // Journal of Sustainable Agriculture: Vol. 13, № 5 (2021). – P. 45-52.
6. Smart Grids and Sustainable Energy Use in Germany // Energy Policy Research Journal: Vol. 17, № 5 (2021). – P. 33-39.
7. Johansson L., Pettersson M. Energy Savings in Smart Homes // Swedish Energy Agency Report, 2021. – P. 22-27.
8. UNESCO Youth Report on Environmental Awareness. Paris: UNESCO, 2021. – P. 5-10.
9. Johnson T. Social Media Campaigns in Environmental Awareness // Global Communications Journal: Vol. 19, № 9 (2022). – P. 88-93.
10. Green Data Centers: Energy Use and Environmental Impact // Environmental Studies Review: Vol. 22, № 4 (2022). – P. 45-53.
11. Microsoft Underwater Data Centers for Sustainable Cooling Solutions // Computer Engineering Journal: Vol. 30, № 6 (2023). – P. 105-113.
12. Electronic Waste in the World: Current Issues and Solutions // United Nations Environmental Programme (UNEP), Report, 2023. – P. 14-22.
13. European Union Circular Economy Action Plan for Electronics // European Environmental Journal: Vol. 28, № 4 (2023). – P. 41-49.
14. Zero Waste Society Digital Platform. Europe Environmental Monitoring Journal: Vol. 11, № 2 (2023). – P. 20-29.
15. Smart Traffic Systems in Singapore: Reducing CO₂ Emissions // Asian Urban Development Journal: Vol. 24, № 3 (2023). – P. 89-96.
16. Walmart's Blockchain Initiative in Supply Chain Transparency // American Logistics Review: Vol. 31, № 2 (2022). – P. 55-63.
17. Drone Technology for Amazon Rainforest Conservation // Brazilian Environmental Science Journal: Vol. 19, № 1 (2023). – P. 33-41.