



**III МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І МОЛОДИХ ВЧЕНИХ
«ПРОБЛЕМИ ТА ІННОВАЦІЇ У РОЗВИТКУ ІНЖЕНЕРІЇ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ТРАНСПОРТУ» / III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF STUDENTS
AND YOUNG SCIENTISTS «PROBLEMS AND INNOVATIONS IN THE
DEVELOPMENT OF ENGINEERING, TECHNOLOGIES
AND TRANSPORT»**



**April 23-25, 2026
Khmelnytskyi**

ЕКОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ УКРАЇНИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ДОСВІДУ ПЕРЕДОВИХ КРАЇН

Нестер А.А. Партика А.
Хмельницький національний університет

Анотація

Екологічна ситуація в Україні характеризується як кризова через критичне забруднення водних ресурсів, накопичення побутових і промислових відходів та забруднення повітря, спричинене енергетикою та транспортом. Основними чинниками є антропогенне навантаження, деградація земель, наслідки Чорнобильської катастрофи та військової дії. Понад 50% українців стурбовані якістю води, а значна частина водних об'єктів втратила здатність до самоочищення.

Накопичено понад 35 млрд тонн відходів, причому промисловість та енергетика забезпечують понад 60% шкідливих викидів. Основні забруднювачі — промислові підприємства та транспорт (у Києві — до 90% викидів). Понад 18% територій вражено інтенсивною ерозією, також відбувається знищення лісів.

Об'єкти військової діяльності завдають катастрофічної шкоди, а також залишаються екологічні наслідки Чорнобильської катастрофи. Для вирішення цих питань необхідна модернізація очисних споруд, розвиток інфраструктури переробки відходів та перехід до зеленої енергетики.

Головними причинами, що призвели до загрозуючого стану довкілля можна назвати застарілу технологію виробництва та обладнання, висока енергомісткість та матеріаломісткість, що перевищують у два - три рази відповідні показники розвинутих країн, високий рівень концентрації промислових об'єктів, несприятлива структура промислового виробництва з високою концентрацією екологічно небезпечних виробництв.

Ці основні причини доповнюються відсутністю належних природоохоронних систем (очисних споруд, оборотних систем водозабезпечення тощо), низьким рівнем експлуатації існуючих природоохоронних об'єктів, відсутністю належного правового та економічного механізмів, які стимулювали б розвиток екологічно безпечних технологій та природоохоронних систем, відсутність належного контролю за охороною довкілля.

Ключові слова

екологічна криза, водні ресурси, зелена енергетика, побутові відходи, урбанізація

ENVIRONMENTAL ISSUES IN UKRAINE AND LEARNING FROM THE EXPERIENCE OF LEADING COUNTRIES

Nester A., Partika A.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract

The environmental situation in Ukraine is described as critical due to severe pollution of water resources, the accumulation of household and industrial waste, and air pollution caused by the energy sector and transportation. The main factors include human impact, land degradation, the consequences of the Chernobyl disaster, and military operations. More than 50% of Ukrainians are concerned about water quality, and a significant portion of water bodies have lost their ability to self-purify.

More than 35 billion tons of waste have accumulated, with industry and the energy sector accounting for over 60% of harmful emissions. The main sources of pollution are industrial enterprises and transportation (in Kyiv, these account for up to 90% of emissions). More than 18% of the territory is affected by severe erosion, and deforestation is also occurring.

Military activities cause catastrophic damage, and the environmental consequences of the Chernobyl disaster persist. To address these issues, it is necessary to modernize wastewater treatment facilities, develop waste processing infrastructure, and transition to green energy.

The main factors contributing to the critical state of the environment include outdated production technology and equipment, high energy and material intensity—which exceed the corresponding figures in developed countries by two to three times—a high concentration of industrial facilities, and an unfavorable industrial production structure with a high concentration of environmentally hazardous industries.

These underlying causes are compounded by the lack of adequate environmental protection systems (treatment facilities, recycled water supply systems, etc.), the low level of operation of existing environmental protection facilities, the lack of adequate legal and economic mechanisms to stimulate the development of environmentally safe technologies and environmental protection systems, and the lack of adequate environmental protection oversight.

Keywords

environmental crisis, water resources, green energy, municipal waste, urbanization

Вступ.

Україна стикається з глибокою екологічною кризою, яка посилилася через військові дії, що спричиняють масштабне забруднення ґрунтів, повітря та водних ресурсів. Але для європейської інтеграції України та сталого розвитку критично необхідно впроваджувати сучасні екологічні стандарти. На сучасному етапі розвитку суспільства все більшого значення у міжнародній, національній і регіональній політиці набуває концепція збалансованого (сталого) розвитку, спрямована на інтеграцію економічної, соціальної та екологічної складових розвитку.

Проблема забезпечення належного екологічного стану водноресурсного та ґрунтового потенціалу залишається актуальною для всіх регіонів України. Практично всі поверхневі і значна частина підземних водних ресурсів, особливо в районах розміщення потужних промислових і сільськогосподарських комплексів, відчувають антропогенний вплив, що проявляється у забрудненні, виснаженні і деградації цих об'єктів. Значним трансформаціям піддаються господарсько освоєні водозбірні території, що істотно змінило характер формування стоку і водний режим багатьох водних об'єктів.

Незадовільне становище систем водовідведення та відсутність у багатьох населених пунктах централізованого водовідведення є однією з причин забруднення водних ресурсів в Україні.

Крім того проблема утилізації відходів промислового і побутового походження набуває в даний час все більш гострий характер у зв'язку з тим, що обсяги генерування відходів постійно зростають, тоді як темпи їх переробки незрівнянно малі. В результаті до теперішнього часу накопичені сотні мільйонів тон різних твердих відходів, які необхідно переробляти і знешкоджувати але вони продовжують накопичуватися на звалищах, що веде до забруднення ґрунтів, водних об'єктів.

Об'єкт та методи дослідження. Об'єктом дослідження є середовище, змінене господарською діяльністю людини, включаючи урбоекосистеми. Дослідження також спрямоване на виявлення ключових проблем у сфері охорони навколишнього середовища, які потребують термінового вирішення. У процесі дослідження використовувалися наступні методи та прийоми: монографічний – для засвоєння досвіду екологічної модернізації економіки європейських країн; системний – для обґрунтування комплексу заходів з підвищення ефективності екологізації виробництва; узагальнення – для формування висновків з проведеного дослідження.

Постановка завдання. Основні екологічні проблеми України включають забруднення повітря, водних ресурсів, накопичення промислових відходів та наслідки воєнних дій (замінування, руйнування екосистем). Завдання полягає в аналізі цих питань, вивченні європейського досвіду (циркулярна економіка, зелена енергетика) та розробці стратегій відновлення екології України за стандартами ЄС.

Результати та їх обговорення. На даний момент 7% території України займають сміттєзвалища, з яких менше 20% можна віднести до полігонів. Тобто абсолютна більшість об'єктів накопичення відходів побудовані та експлуатуються без комплексу заходів, що знижують негативний вплив на навколишнє середовище. За офіційними даними в Україні експлуатується п'ять тисяч полігонів (звалищ), загальною площею більше 10 тисяч гектарів [1].

На міські звалища надходять сотні тонн відходів побутового та промислового походження, а також осади, що утворюються під час очищення стічних вод.

Дренажні води звалищ характеризуються як концентровані багатокомпонентні розчини, хімічна природа яких може бути надзвичайно широка. Якісний склад фільтрату залежить від морфологічного складу ТПВ, що визначає метод та спосіб очищення. Очищення дренажних вод являє собою складну проблему та вимагає багатоступеневої комбінації різних фізико-хімічних і біологічних методів, значних капітальних і експлуатаційних витрат.

У зв'язку з наявністю токсичних речовин водоохоронні нормативи західноєвропейських країн не дозволяють дренажні води сміттєзвалищ (грунтові фільтрати) відправляти на спільне централізоване очищення з міськими стоками. Відомо, що дренажні води значною мірою визначають якість води у підземних джерелах.

Україна сьогодні відчуває подвійний тиск: води стає менше, а її якість погіршується, – повідомив міністр економіки, довкілля і сільського господарства Олексій Соболєв [2].

Питання водозабезпечення населення і галузей економіки залежить від екологічного стану річок і водойм. З метою недопущення загострення санітарно-епідемічної ситуації, покращення якості води, зменшення негативного впливу від скиду забруднених стічних вод у водні об'єкти постійно проводяться організаційно-технічні та водогосподарсько-екологічні заходи. Найбільш ефективним заходом зменшення впливу стоків на водні об'єкти є їх очищення на очисних спорудах.

Основними джерелами забруднення вод є промислові (скиди виробничих стічних вод, забруднені території підприємств, сміттєзвалища промислових відходів), комунальні (скиди господарсько-побутових стічних вод, забруднені території населених пунктів, сміттєзвалища побутових відходів), сільськогосподарські (меліоративні території, тваринницькі ферми). Практично всі поверхневі джерела водопостачання України інтенсивно забруднюються через низьку якість очищення стічних вод. До основних забруднювачів води належать хімічні, нафтопереробні й целюлозно-паперові комбінати, великі тваринницькі комплекси, гірничорудна промисловість. Серед забруднювачів води особливе місце посідають синтетичні миючі.

Найбільш цінні землі в Україні – це сільськогосподарські угіддя, які займають досить велику частку загальної площі країни. Україна має один із найвищих у світі показників забезпеченості сільськогосподарськими угіддями і ріллею на душу населення. Так, найбільшу питому вагу мають орні землі, які займають 53,9%, перелоги – 0,4%, багаторічні насадження – 1,5%, сіножаті – 4,0% і пасовища – 9,0%. Україна володіє одним із найцінніших земельних ресурсів у світі: сільськогосподарські угіддя займають понад 70% території (близько млн га), з яких 78,9% — це високородюча рілля. За часткою агроземель країна входить до топ-5 світових лідерів, а рівень їх розораності є одним із найвищих у світі. Такий розподіл земельних угідь характеризує високу розораність і сільськогосподарську освоєність території України.

Але масштаби щорічного продукування і накопичення твердих відходів вимагають створення потужних переробних установок продуктивністю, яка вимірюється мільйонами тонн в рік з їх промисловим освоєнням. Але потрібно визнати, що тут є великі проблеми. Специфіка твердих відходів виробництва полягає в тому, що в малих кількостях вони не роблять помітного впливу на навколишнє середовище, а в великих скупченнях стають екологічним лихом. Світ активно веде дослідження та розробки техніки і технологій для переробки та знешкодження відходів промислового та сільського господарства.

За даними, що наведені у 2025 році (на основі звітних даних за попередні періоди), в Україні щорічно утворюється близько 10 млн т твердих побутових відходів (ТПВ). При цьому понад 90% цих відходів захоронюються, а рівень переробки не перевищує 8%, що свідчить про серйозні екологічні проблеми та відставання від європейських стандартів. Особливістю структури утворення відходів в Україні, у зв'язку з сировинною орієнтацією економіки, є висока частка у їх складі гірничопромислових відходів (розкривних порід та продуктів збагачення корисних копалин – шламів, хвостів тощо) – понад 75 %. В той же час на відходи комунальної сфери припадає менше 2%. Найбільша кількість відходів утворюється на підприємствах гірничо-металургійної, вугільної, хімічної промисловості та енергетики [1].

Потреба формувати «зелені» навички у фахівців різних галузей народного господарства є актуальною проблемою для економік, які планують відмовитися від вуглецевого способу до 2050 року та гармонізувати взаємовідносини з навколишнім

природним середовищем для забезпечення стійкого розвитку. Рівень сучасного економічного розвитку європейських держав потребує формування суспільного екологічного знання, у якому загальнолюдські цінності, принципи рівноправності всього живого стануть підґрунтям для створення інноваційних, більш дієвих та ефективних технологій, націлених на управління множинними екологічними ризиками. Екологічно свідомі молоді фахівці технічних спеціальностей мають діяти відповідно до екологічної совісті, відійшовши від ідеології екоцентризму. Усвідомлення людяності як універсальної цінності має особливу значущість для всіх і кожного, що відбивається через: – збереження мудрих «традиційних знань», накопичених століттями та неодноразово підтверджених досвідом; – можливість виростити особистість з екологічною свідомістю, що вміє розуміти актуальні проблеми взаємозв'язків людини з навколишнім середовищем, дбайливо і обдуманно ставитися до свого житла, краю, планети як до головного екологічного простору, зберігаючи і примножуючи його цінності та багатства, і приймати тільки екологічно відповідальні рішення. Освіту вважають ключем щодо майбутніх змін для підготовки таких фахівців, здатних у майбутньому на своїх робочих місцях забезпечити формування економічного зростання, заснованого на зелених принципах, включаючи еколого-економічно доцільне використання природних ресурсів, стійкий розвиток міст, промислових агломерацій, просування відповідального виробництва та споживання, зміну моделей поведінки щодо більшої екологічної стійкості [3].

Через те постає потреба в розробленні та введенні освітніх компонент з успішних прикладів реалізації Європейської зеленої угоди в навчальний процес студентів технічних спеціальностей України. Крім того, наявна певна зацікавленість з боку ЄС у формуванні в Україні фахівців, здатних розв'язувати технічні задачі конкретних виробництв, зважаючи на екологічні пріоритети, що своєю чергою підтверджується значною кількістю грантів, спрямованих на впровадження в освітній процес передового досвіду ЄС із зелених технологій. Однією з таких освітніх компонент, що входить до зазначеного проекту, є «Адаптація ЄС до змін клімату та стійкі урбоєкосистеми», призначена сформулювати у студентів технічних вишів – екологів, інженерів, економістів, механіків, архітекторів – уміння досліджувати сталий розвиток урбоєкосистем у комплексі екологічного, економічного та технічного складників [3].

Поєднання негативних наслідків урбанізації та кліматичних змін, що спостерігається в техногенно навантажених урбоєкосистемах, створює безпосередню загрозу стійкому розвитку, впливаючи на екологічну, економічну та соціальну стабільність як у світі в цілому, так і в окремих країнах. Посилення проявів зміни клімату та аналіз їх негативних наслідків у конкретних містах свідчить, що зміна клімату ініціює широкий спектр проблем, які, на жаль, ще недостатньо вивчені. Широка варіабельність та масштабність проявів зміни клімату призводить на урбанізованих територіях до появи унікальних для кожної природно-кліматичної зони проблем, що можуть спричинити як прямі ризики, приміром, аномальна спека чи підтоплення, так і непрямі – порушення нормального функціонування окремих систем міста та складнощі в наданні базових послуг населенню у водопостачанні, енергозабезпеченні, міському транспорті, охороні здоров'я тощо.

На рівні техногенно навантаженої урбоєкосистеми потрібно розробляти та впроваджувати заходи щодо адаптації для своєчасного реагування на наявну зміну клімату, заздалегідь здійснювати підготовку до її очікуваних наслідків. Вибір того чи іншого заходу зумовлюється конкретною ситуацією, наприклад, за збільшення кількості повеней будують захисні споруди, облаштовують дренаж та зливу каналізацію, створюють систему раннього оповіщення населення, а за умов коливання тепла потрібно запроваджувати зовсім інші заходи. Побудова урбоєкосистеми, стійкої до кліматичних ризиків, є актуальним завданням сьогодення, яке потребує пошуку ефективних не лише екологічних, а й технічних і економічних рішень, отже, перегляду підходу до всієї системи господарювання на рівні міста та держави в цілому.

Політика Європейської зеленої угоди (Green Deal) щодо сталого розвитку потребує підготовки фахівців, здатних шляхом розв'язання конкретних прикладних задач у межах техногенно навантажених урбоєкосистем сприяти екологізації економіки, перетворити Європу на кліматично нейтральний континент, підвищити добробут громадян, захистити біологічне різноманіття. Освітня компонента сприятиме формуванню у студентів знань про зміни клімату, адаптацію до їх негативних наслідків з наукового, соціального та політичного погляду, зважаючи на особливості техногенно навантажених регіонів та їх бази природних ресурсів, для забезпечення сталого розвитку урбанізованих територій, з урахуванням спрямованості їх виробництв. Під час вивчення освітньої компоненти на підґрунті зелених практик ЄС будуть набуті теоретичні та практичні навички щодо розв'язання задач, пов'язаних з впливом зміни клімату на функціонування природного та техногенного складника урбоєкосистем техногенно навантажених регіонів; розроблення багатоцільових природоохоронних заходів для пом'якшення наслідків зміни клімату та забезпечення екологічної безпеки міських територій; формування механізмів адаптації та стимулювання процесів самовідновлення урбоєкосистем з урахуванням глобальних цілей сталого розвитку, а саме, Європейської зеленої угоди щодо кліматичних заходів. Набуті знання сприятимуть підготовці сучасних фахівців технічних вишів, які мають виявляти та аналізувати ключові проблеми економічного розвитку на конкретному виробництві, керуючись принципами зеленої економіки, обґрунтовувати механізми практичного вирішення екологічних проблем, здійснювати комплекс заходів щодо забезпечення зеленого розвитку на рівні промислового підприємства, суспільства та держави [3].

В Україні накопичені значні кількості промислових та побутових відходів, але організація з їх збору, переробки та захороненню на полігонах не може бути визнано задовільною. І з ростом промисловості для задоволення потреб держави, суспільства та окремих громадян кількість відходів зростає та стає фактом екологічного лиха. Причини такого факту різні та потребують постійної роботи державних органів, об'єднаних громад та кожного громадянина. Як же вирішуються екологічні проблеми в економічно розвинутих та густонаселених країнах світу. Які у них проблеми з побутовими відходами?

Як організована робота з відходами в окремих країнах Західного світу, що можна взяти за зразок та впроваджувати в Україні. Розглянемо декілька країн, серед яких США-наймогутніша країна світу.

США. Щорічно в країні виробляється більше 250 млн тонн побутового сміття. На кожного жителя Нью-Йорка, наприклад, за статистикою санітарного управління міста, в тиждень доводиться 11,33 кілограма відходів - 7,25 кілограма за місцем проживання і 4,08 кілограма на роботі. Вимоги до переробки сміття встановлюють місцеві влади міст і штатів. А системи штрафів стимулюють населення виносити сміття в певне місце в строго позначені контейнери для макулатури, скла, пластику та інших відходів. Наприклад, у великому 100-квартирному житловому комплексі на півдні Нью-Йорка на кожному поверсі встановлені сміттеприймачі з докладною інструкцією - навіть для металевих вішалок і для використаних батарейок є свої ємності. У деяких штатах при купівлі товарів в тарі, що піде на переробку, в їх вартість включають певну суму (приблизно близько 10 центів) - в якості застави. Що стосується вивозу сміття від будівлі, то в згаданому вище житловому комплексі цим щотижня займається група з шести співробітників санітарного управління Нью-Йорка, і тут працюють податки городян, так як всі витрати несе муніципалітет.

Також контракт на прибирання сміття в окремих районах можуть отримати приватні компанії. За оцінками на сайті Home Advisor, місячні розцінки вивезення можуть коливатися від \$60 до \$620, а середній рівень по країні - \$234. При цьому витрати на вивезення залежать від того, до якої категорії відноситься сміття - тверді комунальні відходи, брухт та відходи. Так, вивезення одного предмета меблів обійдеться в \$80, старого холодильника - \$100, ванни - \$130. Якщо ж мова йде про сипучі речовини, то мінімальна ставка - \$100 за вивезення 60 кубічних футів (1,69 кубометрів), а повний

вантаж самоскида - від 420 до 480 кубічних футів (11,8-13,5 кубометрів) - \$500, без врахування оплати праці робітників.

Справжнє нещастя американських міст - пластикове сміття. За оцінкою Агентства з охорони навколишнього середовища США, в цілому в країні виробляється більше 30 млн тонн пластику на рік, більша частина якого не піддається переробці. У Нью-Йорку "пластикову проблему" намагаються вирішити як за допомогою заборон, так і стимулів для переробки вторсировини.

В цілому різні штати і міста по-своєму вирішують проблему пластикового забруднення. А на федеральному рівні діє програма трьох R - reduce, reuse and recycle (скорочення споживання, повторне використання, переробка). Громадян вчать багаторазово використовувати те, що можна не викидати, сортувати і правильно виносити відходи.

Вторинну сировину в США переробляють понад 550 заводів, ще близько однієї тисячі заводів спеціалізуються на виробленні біопалива на основі вторинної сировини, також є завод з виробництва зрідженого газу з утилізованих побутових відходів. На сьогоднішній день в переробці відходів зайняті 1,5 млн осіб, а оборот цієї галузі становить близько \$250 млрд. За останні 30 років рівень переробки відходів в цілому по країні зріс в три рази і перевищив 34%.

Канада (середня країна) перейнялася темою роздільного збору сміття та його подальшою переробкою ще на початку 1980-х років. Зараз жителі Канади сортують відходи в спеціальні контейнери, які мерія видає власникам всіх домогосподарств. Сині - для скла, металевих банок, фольги, пластику, пакетів від молока і пластикових пакетів. Чорні - для паперу, газет, журналів, картону. Зелені - для харчових і інших дрібних відходів. У багатоквартирних будинках такі баки стоять, як правило, в підземних гаражах, але можуть і відрізнятися за кольором. Крім того, в кінці 2018 року їх доповнили ще й окремими контейнерами для батарейок, шприців і голок.

Великогабаритне сміття - наприклад, меблі, телевізори або побутову техніку - жителі Оттави або вивозять самостійно в спеціальні пункти прийому або за окрему плату викликають фахівців-утилізаторів. Також в Канаді прийнято спочатку пропонувати непотрібні речі, в тому числі одяг, благодійним організаціям, які розподіляють їх серед нужденних.

Спеціальні інспектори стежать за тим, чи правильно городяни сортують сміття. Крім того, в Канаді прийнято вивозити відходи різного типу за розкладом. За виставлений не в "свій" день сміття власникові будинку спочатку зроблять попередження, а за наступні порушення його чекають штрафи - до 305 канадських доларів (близько \$232). "Середньостатистичне домогосподарство, в якому проживає одна сім'я, платить щорічно за вивезення та утилізацію сміття 126 канадських доларів (\$96)", - розповіла директор міської служби твердих відходів Оттави Мерилін Журно. У багатоквартирних будинках вартість вивезення сміття для однієї квартири становить 50 канадських доларів на рік (\$38). При цьому середня заробітна плата в канадській столиці зараз становить 53,48 тис. канадських доларів на рік (\$40,6 тис.). Ніяких спеціальних тарифів для пенсіонерів, інвалідів або багатодітних сімей за вивезення сміття не передбачено - всі платять однаково.

На сьогоднішній день рівень переробки всіх відходів в Оттаві становить близько 50%. В майбутньому передбачається перехід від сьогоднішньої схеми "роби - використовуй - утилізуй" до так званої безвідходної економіки, коли всі відходи зводяться до мінімуму, а самі матеріали ніколи не викидаються і використовуються повторно або повністю переробляються в нові продукти.

У Канаді в цілому дуже серйозно ставляться до екології, тому екологічному вихованню та освіті приділяють найпильнішу увагу як на федеральному, так і на регіональному рівні. І воно дає результати.

Так, на початку 2018 року в Монреалі (провінція Квебек) - другому за величиною місті Канади - ввели повну заборону на використання одноразових пластикових пакетів в роздрібній торгівлі. Зараз він діє ще в шести муніципалітетах трьох канадських провінцій.

В Оттаві супермаркети теж активно закликають покупців відмовлятися від пластикових пакетів. А мережі громадського харчування міста поступово замінюють традиційні пластикові трубочки для прохолодних напоїв на паперові. Деякі канадські виробники на своїх товарах стали вказувати, що упаковка зроблена з перероблених відходів.

Японія. Країна належить до групи держав, які реалізують вже згадувану ініціативу трьох R - reduce, reuse, recycle - по скороченню обсягу, повторного використання та переробки відходів. Японія давно йшла до роздільного збору сміття - в деяких містах його почали сортувати вже з першої половини 1970-х років. В першу чергу збираються призначені для спалювання відходи - горюче кухонне сміття, папір, шкіра і пластик.

В спеціальні контейнери жителі складають ресурси для повторного використання - скляні пляшки, ПЕТ-пляшки, сталеві і алюмінієві банки - все окремо. Також виділяють порожні металеві балончики від аерозолів, сковорідки, чайники і іншу невеликий за розміром металевий кухонний посуд. Окремо йдуть пачки газет і журналів, картон. У деяких районах ще збирають нестандартні відходи - батарейки, лампочки і кераміку.

Великогабаритне побутове сміття - меблі, старі матраци, валізи - можна викинути, тільки попередньо оплативши вивезення. Муніципальна служба не забере такі предмети без оплати відповідного збору. Основна частина витрат покривається за рахунок місцевих податків, які платять японці. Вони відрізняються в різних населених пунктах, але в цілому складають менше 10% від щомісячного доходу.

При зборі робочі сміттєвозів перевіряють, чи відповідає вміст мішків тому, що збирають в цей день тижня. Пакет з "неправильним" сміттям брати не будуть.

Японія навчила людей сортувати відходи. Якщо є порушники, то у багатоквартирних будинках ними опікуються, та морально впливають сусіди. Але є і закон, який дозволяє карати за злісні порушення правил: він передбачає штраф до 10 млн. ієн (понад \$90 тис) або навіть ув'язнення на строк до п'яти років. Однак такі покарання застосовуються дуже рідко - у кричущих випадках.

Німеччина. Вважається однією із країн лідерів в галузі переробки відходів. Прийнята в 1991 році нова державна система «Duales System Deutschland GmbH» дозволила німцям запровадити новий метод боротьби з відходами. Нова система настільки стала успішною, що в одному Берліні майже до 90% домогосподарств беруть участь у процесі роздільного збирання сміття. При цьому, що жодних санкцій за порушення порядку система не передбачає. У типовому німецькому дворі чи будинку можна зустріти як мінімум 5 різнокольорових контейнерів для збирання сміття. Чорний – для несортованого сміття, коричневий – для органічних відходів, синій – для паперу, жовтий – для упаковки і пластику, зелений – для кольорового скла, зелений з білою смугою – для безбарвного. Щорічно кожен житель Німеччини отримує поштою особливий лист – у ньому детально описується, як і куди потрібно викидати побутові відходи, по яких днях буде вивозитися той чи інший тип сміття протягом наступних 12 місяців. Також існують ще спеціальні контейнери для скла, батарейок. Хоча німці сьогодні викидають не так вже й багато скла, оскільки в останні роки в німецьких магазинах почали брати заставу, тому їх можна вільно здати в магазин.

Швеція. У Швеції досить ефективно використовують відходи в якості обігріву будинків. Невідсортовані відходи потрапляють на сміттєспалювальні заводи, на яких відходи утилізується шляхом спалювання з отриманням тепла. Попіл, що залишився, складає 15% від початкової ваги відходів, його сортують і знову відправляють на переробку. Залишки просівають, щоб витягти гравій, який використовується в дорожньому будівництві. На виході лише 1% відходів знаходить спокій на сміттєвих звалищах. Дим фільтрують через сухий фільтр і воду, шлак використовується для

покинутих шахт. Населення Швеції сортує відходи добровільно, Урядова політика направлена на інформування населення про особливості поводження.

Китай. На вулицях китайських міст встановлені баки з двома-трьома типами контейнерів — для вторинної переробки, непереробного сміття та харчових відходів. Іноді до них додають окремі баки для пластику та скла.

Але, незважаючи на можливості для сортування, сміття в Китаї часто викидають за принципом "який контейнер ближче". Тому що на сьогоднішній день в країні немає поняття як такої соціальної відповідальності за неправильно викинуте сміття, як не існує і штрафів для населення за викид пластикової пляшки у відсік для харчових відходів. Це питання "регулюється" особистою совістю кожного. А ось для юридичних осіб покарання поступово запроваджують.

Що стосується сортування сміття самими китайцями в житлових будинках, то такий досвід теж поки що не надто розвинений. Але влада деяких міст вживає активних заходів для того, щоб прищепити населенню цю корисну звичку. Наприклад, у Шанхаї наразі близько 3,8 млн сімей у місті зареєструвалися у програмі, яка дозволяє накопичувати бали за правильне сортування сміття, а потім змінювати їх на деякі продукти харчування, оплату комунальних платежів та мобільного зв'язку. Для тих, хто зацікавлений у матеріальній винагороді, у Китаї також встановлюють спеціальні автомати для переробки пластикових пляшок – за одну здану ємність громадянам нараховують 0,05 юаня (менше 1 цента).

За даними Міністерства навколишнього середовища КНР, наразі близько 90% сміття Китай утилізує за допомогою спалювання або вивезення на звалища. Але поряд із переробкою власного сміття, з 1980-х років Китай імпортує тверді побутові відходи як джерело сировини, а головними постачальниками залишаються країни ЄС та США. За даними Міністерства комерції КНР, у 2017 році переробна галузь стала другою за величиною після сільського господарства роботодавцем у країні.

Але саме з 2017 року країна почала обмежувати ввезення іноземної вторинної сировини через посилення екологічної небезпеки. У МЗС Китаю зазначили, що "подальші плани уряду націлені на розвиток передової переробної промисловості, яка допоможе впоратися із проблемою утилізації відходів усередині країни".

Індія. А як справи в Індії. Бруд індійських вулиць — явище досить нове, зазначають експерти з урбаністики. Вони пояснюють проблему традицією – в Індії традиційно відходи викидали просто на вулиці. Але якщо раніше спека і сонце висушували їх у пил, то з пластиком, картоном та іншими продуктами сучасності, що з'явилися в XX столітті, вони впоратися вже не можуть. Погіршується це все міграцією до міста сільського населення, яке продовжує по-старому викидати сміття на вулиці.

Індія лише починає організовувати сучасну систему збирання та вивезення відходів. При цьому професія сміттяря залишається кастовою, сміттям займаються далити — недоторканні. Чоловіки двічі на день – вранці та ввечері – звозять відходи прямо у квартали, де вони живуть. А жінки сортують його, відбираючи пластикові пляшки, макулатуру, металобрухт, скло, ганчірки, викинутий одяг та взуття. Усе це потім продають. Але якщо щось годиться і сміттярам, воно нерідко так і залишається на вулицях [3].

А як же в Україні? Всі пам'ятають трагедію в Грибовичах (Львів). Але що змінилось в Україні-зміни незначні. У Львові, після вирішення першочергових питань із вивезенням сміття, місцева влада розробила стратегію поводження з твердими побутовими відходами. Сміттєзвалище, яке Львів використовував майже 60 років, рекультивують та побудують сміттєпереробний завод.

Крім того, запровадять комплекс заходів для підвищення культури поводження з відходами – просвітницькі програми у школах, поступову відмову від поліетиленової упаковки. У листопаді на сесії затвердили рішення про обмеження використання одноразових поліетиленових пакетів у торгових мережах Львова. Навесні, за словами

заступника мера, придбають контейнери для компостування органічних відходів та листя [2].

В інших містах якщо встановлені контейнери, то, як правило, в них скидають органічні відходи, пластик, метал, поліетиленові пляшки. І це все має розкладатись на звалищі століттями. Немає ліній сортування сміття та вторинної переробки. Малозабезпечені громадяни вибирають з контейнерів та здають макулатуру, метал, зменшуючи кількість сміття, але це не вирішує проблем.

В Україні, за даними Мінрегіонбуду, щорічно викидають близько 10 млн тонн сміття, з яких лише 600 тисяч йде на вторинну переробку чи спалюється. Решта захоронюється на звалищах, яких, за офіційними даними, в Україні понад 6 тисяч. У той час як в деяких країнах Європи цей показник рівно протилежний і ми маємо використовувати досвід передових країн та добиватись повного використання відходів. Тобто потрібно і навчання дітей, дорослих і прийняття мір до порушників збирання та використання відходів.

Як бачимо не все в цих країнах може слугувати прикладом боротьби з відходами. Але окремі приклади, особливо в частині побудови заводів з переробки відходів, заслуговують особливої уваги вищого керівництва держави та структурних підрозділів відповідних міністерств.

В Україні наразі нема серйозних прикладів роботи з відходами. Прийняті міри та рішення недостатні для зменшення відходів, або їх переробки. Проблема полягає в тому, що доведення пропозицій до практичної реалізації в промисловості пов'язано з численними труднощами фінансового, соціального і технічного характеру.

Проводяться конференції, виносяться рішення, які не підкріплені фінансово і це не веде до корінних змін в боротьбі з відходами: продовжують рости площі та об'єми звалищ, не проектується заводи з переробки відходів, не проводиться агітація населення. Кількість відходів, є значною і вимагає конкретних рішень по його зменшенню за рахунок утилізації, повторного використання.

В Європі все сильніше проявляється рух до економіки замкнутого циклу. Така економіка повинна зберігати додану вартість продуктів та запобігати утворенню відходів. Концепція передбачає, що ресурси утримуються в економіці навіть тоді, коли продукт досягнув кінця свого життєвого циклу, так щоб ресурси могли бути використані знову, що створить їх подальшу додаткову цінність. Перехід до економіки замкнутого циклу вимагає змін у шкалі цінностей, від дизайну продукту до нових бізнес та ринкових моделей, від нових шляхів перетворення відходів в ресурси до нових моделей поведінки споживачів. Мається на увазі повна зміна системи та інновації не тільки у технологіях, але і у логістиці, суспільстві, фінансах та політиці.

Ієрархія поводження з відходами містить таку дію як підготовка до повторного використання відходів. Вона також має на меті запобігти утворенню відходів, мінімізувати їхню кількість. Підготовка до повторного використання відходів полягає в перевірці, очищенні, ремонті продукції. У результаті таких дій продукти чи їхні компоненти, що стали відходами, можуть бути повторно використані без будь-яких додаткових обробок. Повторне використання стосується продукції чи їхніх компонентів, які ще не стали відходами, і які повторно використовуються з тією ж метою, з якою їх було виготовлено

Запобігання утворенню відходів означає заходи, які вживаються до того, як речовина, продукт чи матеріал стане відходом, для зменшення кількості відходів (кількісне запобігання), зменшення негативного впливу відходів на довкілля та здоров'я, зменшення вмісту небезпечних речовин в матеріалах чи продукції (якісне запобігання). Оскільки запобігання утворенню відходів не є операцією поводження з відходами, тому для діяльності щодо запобігання утворенню відходів слід розробляти окремі норми.

У світовій практиці накопичено значний досвід з питань запобігання несприятливого впливу токсичних промислових відходів на навколишнє середовище.

Серед таких заходів належать їх захоронення на полігонах, а також використання в якості вторинної сировини в народному господарстві, зокрема, в будівельній індустрії. Поховання певних видів відходів на полігонах є не вигідним в економічному сенсі через заняття сільськогосподарських угідь, а також спорудження дорогих спеціальних полігонів.

Поховання відходів небезпечно і з точки зору охорони навколишнього середовища, оскільки відходи, будучи продуктами з токсичними властивостями і нестабільного хімічного характеру, можуть мігрувати у повітряне середовище або ж у формі різноманітних розчинних сполук переходити в ґрунтові води, а потім асимілюватися в рослинах і потрапляти в корм тварин і в їжу людям. Більш перспективним є шлях утилізації ряду відходів у будівництво, а також їх використання в якості напівпродуктів у промисловості.

Найбільшою небезпекою для навколишнього середовища володіють рухливі форми хімічних сполук, які визначають ступінь токсичності й шкідливості шламів-виробництва плат та гальваніки. Речовини, що входять до складу відходів, можуть впливати на цитогенетичні характеристики ґрунтів, води та екосистеми. Повна оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів передбачає аналіз спільної дії факторів впливу при накопиченні та обліку міграційної здатності забруднюючих речовин. Основні напрямки впливу реагентів на ґрунт: фітотоксична дія аніонів, пряма фітотоксична дія водонерозчинних реагентів, зміни в складі поглинального комплексу ґрунту й руйнування структури ґрунту. У місцях розміщення відходів існує сформована структура техногенних літохімічних ареалів, що проявляється в різному вмісті важких металів: цинку, нікелю, заліза й міді, залежно від особливостей технологічних процесів. На відстані до 0,3 км від місць розміщення шламів можливе перевищення фонові концентрації цинку (в мг/кг сухого ґрунту), нікелю (в мг/кг сухого ґрунту) і міді (в мг/кг сухого ґрунту) у ґрунті, що приводить до забруднення ґрунтів, вод, погіршення якості життя населення. Найбільшим недоліком процесу нейтралізації є утворення шламів та практика складування їх у шламонакопичувачі. Істотний вплив на здоров'я людей має компонентний склад шламу. Велика обводненість території, пухкі водопроникні ґрунти ускладнюють вибір полігонів промислових відходів і обмежують їх площі, створюють умови для забруднення іонами важких металів не тільки прилеглих до місць складування ґрунтових покривів і поверхневих вод, а й підземних водних горизонтів.

Окремі підприємства шукають шляхи утилізації накопичених відходів, але через фінансові та технічні труднощі реальних успіхів не мають.

Зважаючи на викладене можна зробити висновки, які викладено нижче.

Висновки. Для вирішення проблем з відходами та покращення екологічної ситуації в державі можуть бути рекомендовані кроки, серед яких:

1. Широке навчання всіх шарів населення основам екологічного виховання за посередництва шкіл, вищих навчальних закладів.
2. Використання радіо, телебачення для розповсюдження знань про екологічну поведінку населення в повсякденній діяльності.
3. Вивчення досвіду розвинених країн Європейського Союзу в боротьбі з відходами для прийняття відповідних рішень.
4. Фінансування державою питань проектування, будівництва заводів з переробки відходів.

Література

1. Звіт про стратегічну екологічну оцінку Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2027 року. (2020) URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/02/zvit-seo-pidpys.pdf>
2. В Україні стає менше води, а її якість погіршується – очільник Мінекономіки. (2026) URL : <https://greendeal.org.ua/v-ukrayini-staye-menshe-vody-a-yiyi-yakist-pogirshuyetsya-ochilnyk-minekonomiky/>

3. Яковишина Т.Ф. Нестер А.А. (2023) Упровадження європейського зеленого курсу в навчальний процес під час підготовки студентів в технічних вишах. Готуємо фахівців для відбудови України: матеріали III освітнього форуму академічної спільноти. Дніпро. С. 96-98.

DEGRADACJA AERODYNAMICZNA ŁOPAT TURBIN WIATROWYCH W AGRESYWNYM ŚRODOWISKU BAŁTYCKIM

Bartodziej H.¹

¹Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Polska

Streszczenie

Rozwój morskich farm wiatrowych (offshore) na Morzu Bałtyckim wymaga stosowania zaawansowanych technologicznie łopat wirników. Celem pracy była analiza numeryczna wpływu agresywnego środowiska morskiego na osiągi aerodynamiczne płata wykorzystującego profil z rodziny laminarnych (NACA 63-212). W badaniach wykorzystano środowisko obliczeniowe XFLR5 (metoda LLT). Stan referencyjny stanowił gładki płat w warunkach idealnych ($Re=2,6 \cdot 10^6$, $N_{crit}=9$, $C_{x_{tech}}=0,0009$). Warunki bałtyckie (wysoka turbulencja powietrza, osad z soli morskiej, erozja krawędzi natarcia od opadów) zamodelowano poprzez wymuszenie wczesnego przejścia warstwy przyściennej w turbulentną ($x/c = 5\%$ dla górnej i 10% dla dolnej powierzchni), obniżenie parametru N_{crit} do wartości 4 oraz trzykrotne zwiększenie oporu technologicznego profilu. Wyniki symulacji wykazały drastyczny spadek maksymalnej doskonałości aerodynamicznej płata oraz znaczne zawężenie użytecznego zakresu kątów natarcia (wczesne wystąpienie zjawiska oderwania strug – przeciągnięcia). Praca udowadnia, że profile o wysokich osiąгах, wrażliwe na zanieczyszczenia powierzchni, wymagają w warunkach bałtyckich stosowania specjalistycznych powłok ochronnych lub modyfikacji geometrii w celu utrzymania założonej wydajności energetycznej turbiny.

Słowa kluczowe

Farmy wiatrowe, Morze Bałtyckie, turbiny wiatrowe, środowisko morskie, profil aerodynamiczny, charakterystyki aerodynamiczne, wydajność energetyczna.

AERODYNAMIC PERFORMANCE DEGRADATION OF OFFSHORE WIND TURBINE BLADES IN THE BALTIC SEA ENVIRONMENT

Bartodziej H.¹

¹Rzeszów University of Technology, Poland

Abstract

The development of offshore wind farms in the Baltic Sea necessitates the use of technologically advanced rotor blades. The objective of this study was a numerical analysis of the impact of the aggressive marine environment on the aerodynamic performance of an airfoil from the laminar family (NACA 63-212). The XFLR5 computing environment, utilizing the Lifting Line Theory (LLT) method, was employed for the research. The reference state consisted of a smooth wing under ideal conditions ($Re=2.6 \cdot 10^6$, $N_{crit}=9$, $C_{x_{tech}}=0.0009$). Baltic conditions, characterized by high air turbulence, sea salt deposits, and leading-edge erosion from precipitation, were modeled by forcing an early boundary layer transition to turbulent ($x/c=5\%$ for the upper and 10% for the lower surface), reducing the N_{crit} parameter to 4, and increasing the profile's technological drag threefold. The simulation results revealed a drastic decrease in the maximum aerodynamic lift-to-drag ratio and a significant narrowing of the useful range of angles of attack due to the early onset of flow separation, or stall. This work demonstrates that high-performance profiles sensitive to surface contamination require the application of specialized protective coatings or geometric modifications in Baltic conditions to maintain the turbine's assumed energy efficiency.

Keywords

Wind farms, Baltic Sea, wind turbines, marine environment, airfoil, aerodynamic characteristics, energy efficiency.