

РОЗДІЛ 7 МІЖНАРОДНІ ЕКОНОМІЧНІ ВІДНОСИНИ

УДК 339.5

DOI: <https://doi.org/10.32782/2304-0920/4-102-13>

Дугінець Г. В.
Генералов О. В.

Державний торговельно-економічний університет

ЕНЕРГІЯ З ВІДХОДІВ В МОДЕЛІ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ ЄС: ДОСВІД ДЛЯ УКРАЇНИ

Стаття присвячена ідентифікації сутності виробництва енергії з відходів як ключового елементу моделі циркулярної економіки ЄС. Проаналізовані фактори які впливають на лідерські позиції європейського регіону на цьому ринку. Визначено періоди розвитку європейського законодавства, що змінює основні правила Співтовариства щодо поводження з відходами. Досліджено основні технології які дозволяють переробляти відходи на енергію. Проаналізовано приклади деяких європейських країн які використовують виробництво енергії з відходів як елемент моделі циркулярної економіки. Обґрунтовано, що наявні зміни стимулюють стратегічні партнерства бізнесу, влади та суспільства у сфері перетворення відходів на енергію. У висновку визначено ключові практики ЄС для подальшого впровадження в нашій країні, в тому числі для оновлення національної енергетичної стратегії.

Ключові слова: циркулярна економіка, ЄС, Цілі сталого розвитку, зелена економіка, енергія з відходів, відновлювальні джерела енергій, «зелені» тарифи, світовий ранок енергетичних продуктів, національні енергетичні стратегії, циркулярні бізнес-моделі.

Постановка проблеми. У другому десятилітті XXI ст. залежність від викопного палива як основного джерела виробництва енергії призвела до того, що майже всі країни почали трансформацію своїх національних енергетичних стратегій оскільки світовий попит на перевищив пропозицію енергетичних продуктів. Україна також опинилась серед тих країн, рівень енергетичної безпеки яких досяг кризового рівня. Особливо ситуація погіршилась після Революції Гідності і досягнула критичного рівня з початком повномасштабного вторгнення РФ на українську територію. Зазначимо, що вторгнення РФ також спричинило кризу на світовому ринку енергетичних продуктів. Так Європейська Комісія оприлюднила Звіт про стан Енергетичного Союзу за 2023 рік, в якому окреслюються виклики та можливості, з якими стикається Європа в умовах російської агресії в Україні. За підсумками можна відзначити значний прогрес у розвитку відновлювальної енергетики в ЄС, а саме 39 % електроенергії було вироблено з відновлюваних джерел [1]. Також зросла частка виробництва енергії з відходів як одного з важливих інструментів посилення енергетичної безпеки та переходу на чисту енергію як ключового елементу моделі циркулярної економіки ЄС.

Слід зазначити, що світовий обсяг ринку виробництва енергії з відходів у 2023 році оцінювався в 34,50 млрд доларів США і, за прогнозами аналітиків, зросте з 35,84 млрд доларів США у 2024 році до 50,92 млрд доларів США до 2032 року, демонструючи середньорічні темпи зростання на рівні 4,5 % впродовж прогнозованого періоду [2]. І європейський регіон лідирує на цьому ринку з різних причин. По-перше, жорсткі правила поводження з відходами, обмежена кількість полігонів та дорогі енергоносії змушують європейські країни вкладати гроші в альтернативні способи виробництва енергії з відходів. По-друге, державна підтримка через такі політики, як «зелені» тарифи та стимули для відновлюваної енергетики, сприяє поширенню цих ініціатив. По-третє, сильні позиції Європи в цьому

секторі підтримуються надійною інфраструктурою, технологічним прогресом і цілеспрямованою увагою до екологічної стійкості спільноти, що знаходить відображення у національних енергетичних стратегіях. По-четверте, лідерство регіону на ринку підживлюється зростанням обізнаності громадськості та сприйняттям перетворення відходів на енергію як цінного варіанту відновлюваної енергетики, що заохочує постійний прогрес та інвестиції у відповідні технології.

Отже зараз попит на енергію ще ніколи не був таким високим, а зростаюче занепокоєння щодо підвищення енергетичної залежності в умовах геополітичних трансформацій та шкідливого впливу традиційних методів виробництва енергії сприяє поширенню екологічно чистих методів виробництва енергії по всьому світу. На додаток суспільство також намагається вирішити проблему утилізації відходів, а метод перетворення відходів на енергію вирішує ці дві проблеми з мінімальним впливом на навколишнє середовище, і саме тому він набуває все більшої популярності. Для української економіки все вище наведене має значну актуальність, оскільки впровадження чистої енергії та ефективного управління відходами є одними з основних факторів, що сприятимуть ефективній реалізації стратегії повоєнного відновлення країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження теоретичних аспектів функціонування світових ринків енергетичних продуктів знайшли своє місце у працях як вітчизняних так і зарубіжних економістів (див. наприклад [3–5]). До іншої групи входять науковці, які здійснили ґрунтовні дослідження циркулярної економіки на теоретичному рівні та визначили особливості її впровадження в конкретних країнах [6–10]. В контексті досягнення мети нашого дослідження важливими є аналіз отриманих результатів наукової дискусії щодо системи поводження з відходами як ключової детермінанти циркулярної економіки та трансформації національних енергетичних стратегій,

враховуючи сучасні реалії розвитку світової економіки (див. детально [11–16]). Слід також зазначити, що багато аналітичних досліджень також підкреслюють важливість внеску циркулярної економіки у скорочення викидів парникових газів: наприклад подвоєння поточного рівня циркулярності дозволило б скоротити 22,8 мільярда тон викидів CO₂ у світі (див. детально [2; 17]).

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Отримані опрацювання складають теоретичну та методологічну основу для проведення даного дослідження. Але не заперечуючи вагомості існуючих наукових результатів, слід зазначити, що деякі аспекти обраної проблематики вимагають більш поглибленого аналізу в умовах повоєнного відновлення економіки нашої країни.

Метою статті є ідентифікація сутності виробництва енергії з відходів як ключового елементу моделі циркулярної економіки ЄС задля визначення кращих практик для оновлення національної енергетичної стратегії України.

Виклад основного матеріалу. Зазначимо, що відповідно до Рамкової директиви Європейського Союзу (ЄС) про відходи 2008/98/ЄС, будь-яка речовина або предмет, який власник викидає або має намір чи зобов'язаний викинути, визначається як відходи (див. детально [18]). Майже 5 років тому пандемія COVID-19 підірвала світову економіку, зупинивши роботу основних галузей промисловості, включаючи переробку відходів та енергогенеруючі галузі. В цих умовах глобальна система поводження з твердими побутовими відходами зіткнулася як з можливостями, так і загрозами. Так у відповідь на зростаючий тиск, пов'язаний зі споживанням ресурсів та впливом на довкілля, світова спільнота почала більше уваги приділяти підвищенню сталості системи поводження з відходами. Оскільки відходи мають значну цінність, яку не можна втрачати, а навпаки слід докласти зусиль, щоб знайти нові способи їх використання. В даному контексті саме запровадження моделі циркулярної економіки як основи трансформації національної енергетичної стратегії дозволяє найкраще вирішити означене коло питань, оскільки в цій економічній моделі відходи реінтегруються у виробничий цикл відповідно до логіки повної регенерації ресурсів для зменшення впливу людини на навколишнє середовище. Циркулярна економіка також ґрунтується на принципі, що дефіцитні ресурси не можуть бути знищені оскільки це може призвести до незворотної втрати їхньої цінності та потенційної шкоди для довкілля та здоров'я людей. Тобто збір відходів повинен здійснюватися відповідно до їх ієрархії, а також має бути спрямований на максимальне повторну переробку та використання за допомогою методів і технологій, які здатні зробити циркулярність ефективною та економічно зручною. І навпаки, підходів, які не сприяють циркулярності або створюють стимули для обмеження практик збирання-сортування-переробки, слід уникати.

Слід зазначити, що для реалізації моделі циркулярної економіки в ЄС розроблено пакет директив, які змінюють основні правила Співтовариства щодо поводження з відходами. Відповідно можна визначити два періоди розвитку європейського законодавства:

– перший етап охоплює 1995–2008 роки. У цей період ЄС заклав основи екологічного регулювання, але роль відходів залишалася маргінальною (див.

наприклад [19]). Цей період закінчується якраз перед запровадженням згадуваної вище Директиви 2008/98/ЄС щодо управління відходами;

– другий період охоплює 2009–2019 роки та в основному відображає вплив Директиви 2008/98/ЄС та завершується запровадженням нової Рамкової директиви про управління відходами (Директива 2018/851/ЄС) [20] та нової Директиви про полігони (Директива 2018/850/ЄС) [21].

Як у першому, так і в другому періоді директиви ЄС впливали на методи поводження з відходами (наприклад, спалювання, відновлення енергії, переробка, компостування та анаеробне зброджування), які використовувалися для досягнення порогових значень, встановлених Європейською Комісією відповідно до Цілей сталого розвитку (ЦСР). Які в свою чергу наголошують на збільшенні частки відновлюваної енергії, за рахунок збільшення уваги до поводження з відходами та зменшенні їх утворення шляхом переробки та повторного використання. Зазначимо, що досягнення ЦСР в першу чергу залежить від сталого розвитку індустрії переробки твердих побутових відходів, а саме переробки відходів на матеріали (WtM) та переробки відходів на енергію (Waste to Energy, WtE).

Світовий ринок енергії з відходів (Waste to Energy) за технологією поділяється на біохімічний та термохімічний. У біохімічній технології для виробництва біогазу використовується технологія анаеробного зброджування (АЗ), яке включає бактеріальне розкладання органічного матеріалу в майже анаеробних умовах, побічними продуктами якого є біогаз та дигестат [22]. Високий ступінь гнучкості, пов'язаний з АЗ, вважається однією з найважливіших переваг методу, оскільки стає можливим обробляти кілька типів відходів, від вологих до сухих і від чистої органіки до сірих відходів. Відповідно цей метод є джерелом відновлюваної енергії, оскільки відходи розкладаються з утворенням біогазу (суміші метану і вуглекислого газу), який може бути використаний для виробництва тепла, електроенергії або і того, і іншого. Крім того, біогаз можна модернізувати до чистого метану, який часто називають біометаном, шляхом видалення інших газів. Один кубічний метр біогазу з 60 % вмістом метану перетворюється на 6,7 кВт·год енергії [22]. Тому ЄС надає стимули для заохочення малих і середніх підприємств та фермерських господарств використовувати АЗ для отримання економічних вигод від використання органічних відходів; наприклад, схема стимулювання відновлюваного тепла у Великобританії передбачала щоквартально виплати протягом двадцяти років для виробництва теплової енергії з використанням відновлюваних ресурсів поза межами житлового сектору (див. детально [23]). Слід зазначити, що зростаюча тенденція виробництва електроенергії з біомаси, ймовірно, призведе до домінування біохімічних технологій на цьому ринку. Оскільки, у термохімічних методах спалювання технології відновлюваної енергії займають більшу частку порівняно з іншими технологіями. Також при спалюванні форма відходів зменшується на 90–96 %, залежно від того, скільки матеріалів можна відновити, а також від їхнього складу. Тому спалювання не дозволяє повністю відмовитися від захоронення відходів на полігонах, але зменшує кількість останніх [24]. Отже тенденція збільшення частки біохімічних технологій, ймовірно, збережеться завдяки відносно низькій вартості технології, зрілості ринку та їх високій ефективності.

За типом відходів ринок поділяється на тверді побутові відходи (ТПВ), технологічні відходи, сільськогосподарські відходи та інші. ТПВ займають домінуючу частку на ринку завдяки більшому утворенню відходів домогосподарствами, офісами, магазинами, школами, лікарнями, готелями та іншими установами. В свою чергу технологічні відходи утворюються переважно внаслідок промислової діяльності і з часом зростають у зв'язку зі збільшенням обсягів промислової діяльності. Щодо сільськогосподарських відходів, то вони також займають значну частку в перетворенні на енергію завдяки їх поширеному використанню в процесі газифікації та піролізу.

Як вже зазначалось раніше, на світовому ринку енергії з відходів у 2023 році домінувала Європа, за нею йдуть Азіатсько-Тихоокеанський регіон та Північна Америка [2]. Зростання європейського попиту на вдосконалення управління відходами в поєднанні із законодавством та зусиллями громадськості щодо скорочення промислових відходів сприяв технологічний прогрес. У деяких країнах, таких як Німеччина, Нідерланди, Швеція, Люксембург та Австрія, вже майже 10 років тривають експерименти з видобування енергії з відходів. Наприклад, у 2018 році приблизно 50 % усіх токсичних відходів у Швеції було спалено для виробництва електроенергії, а у Данії спалювання відходів покриває приблизно 5 % потреби в електроенергії та 20 % потреби в централізованому теплопостачанні [25].

Інший цікавий приклад це Фінляндія, утилізація та спалювання сміття у який зростали швидше, ніж у решті країн ЄС. Хоча ця країна була менш конкурентоспроможною з точки зору поширення методів циркулярної економіки. У Бельгії навпаки чітко простежується перехід на принципи циркулярної економіки, оскільки вона зменшила обсяги захоронення та спалювання відходів, водночас збільшивши обсяги рекуперації енергії, переробки матеріалів та компостування/перетравлення відходів. Тобто здатність впроваджувати передові методи збору відходів і бажання бельгійців вирішувати екологічні проблеми дозволяє класифікувати її як країну, найбільш орієнтовану на циркулярну економіку. Італія також демонструє помітні результати в комбінації методів переробки відходів та виробництва енергії з них. Слід зазначити, що країна розвиває правильну синергію між суспільною обізнаністю щодо екологічних проблем та підвищенням доступності методів роздільного збору відходів.

Для іншої групи країн, а саме Португалії, Нідерландах, Іспанії та Великій Британії, характерна тенденція до зменшення загального обсягу утворених відходів і значний ступінь спеціалізації, але наявна низька конкурентоспроможність методів переробки відходів, пов'язаних з циркулярною економікою. Цікавими прикладами є Угорщина, Ірландія та Словенія, оскільки їхнє зниження загального обсягу відходів пояснюється поєднанням методів виробництва енергії з відходів та змінами в національному законодавстві. Це означає, що цим країнам вдалося поєднати нормативно-правову базу, здатну прийняти рекомендації ЄС, із соціально-економічним контекстом, в якому громадяни та адміністрації розвинули необхідний рівень співпраці (що складається з про-екологічних поглядів, управління та контролю за діяльністю зі збору відходів), щоб досягти позитивних результатів трансформації національних енергетичних стратегій. У той час

як соціально-економічний контекст сприяв поширенню про-екологічних методик в Угорщині та Ірландії (рекуперація енергії та переробка матеріалів), Словенія є найкращим прикладом завдяки ключовій ролі, яку відіграють усі «зелені» методи переробки (рекуперація енергії, переробка матеріалів та компостування/перетравлення). Досвід цих трьох країн є важливими, оскільки він підкреслює роль залучення спільноти та ефективного адміністрування, що є більш вирішальним чинником для розвитку моделі циркулярної економіки, ніж регуляторне середовище, в якому вони працюють.

Зміни на світовому ринку енергетичних продуктів також стимулюють його ключових гравців інвестувати у дослідження і розробки, технологічні досягнення та формувати стратегічні партнерства, щоб диверсифікувати спектр своїх послуг. Наприклад, компанія Hitachi Zosen Inova AG (HZI), що базується у Швейцарії і є 100-відсотковою дочірньою компанією Hitachi Zosen Corporation, уклала угоду з Viessmann Industriesysteme GmbH зі штаб-квартирою в Гессені, Едер, Німеччина. Згідно з цією угодою, HZI придбає всі акції компанії Schmack Biogas Service GmbH (SBS) та microEnergy GmbH (ME), які займаються біогазовим бізнесом. Наразі ці компанії належать групі Schmack Group, яка є афілійованою з Viessmann. Крім того, компанії, що є основними виробниками енергії з відходів, беруть активну участь у просуванні сприятливої політики використання цих технологій. Також вони відіграють важливу роль у стимулюванні інновацій та формуванні ринку виробництва енергії з відходів, демонструючи лідерство у сфері сталого розвитку та заохочуючи галузеву співпрацю у перетворенні відходів на енергію (більш детально див. [2]). Таке публічно-приватне партнерство вирішує проблеми попиту на енергію, управління відходами та викидів парникових газів одночасно, досягаючи цілі циркулярності в європейській економіці. Крім того, перетворення відходів на енергію є дієвим інструментом для заміщення імпорту російського газу в ЄС, оскільки потенціал використання тепла з відходів може бути еквівалентним 200 млрд кВт·год на рік до 2050 року [26].

Висновки з проведеного дослідження. Проведений аналіз місця виробництва енергії з відходів в моделі циркулярної економіки ЄС дозволяє визначити декілька етапів його розвитку. На першому етапі відбувалось формування національного законодавства у 1995–2008 роках. При тому, що менш ніж половина держав-членів ЄС вже мали спеціалізацію на циркулярній економіці та обмежений вплив соціально-економічних характеристик на її конкурентоспроможність. На другому етапі (2009–2019 рр.) ситуація покращилася: все більше країн-членів ЄС продемонстрували як спеціалізацію, так і конкурентоспроможність циркулярної економіки. Третій етап (з 2020 р) розпочався з поширенням глобальної пандемії та почав стрімко розвиватися на тлі повномасштабного вторгнення РФ в Україну, що призвело до виходу ЄС в лідери на світовому ринку енергії з відходів за підсумками 2023 року.

Для України поширення технологій виробництва енергії з відходів є важливим питанням, особливо в умовах обмеженого доступу до енергетичних ресурсів на тлі російсько-української війни, що продовжується. Слід зазначити, що наша країна зберігає певний рівень відсталості щодо цілей циркулярної економіки, відповідно потенційно

корисні ресурси марнуються, а не використовуються для запуску «нових» виробничих процесів. Тому можна визначити ключові практики ЄС для подальшого впровадження в нашій країні, в тому числі для оновлення національної енергетичної стратегії:

– на національному рівні необхідним є наявність результативної системи управління відходами, здатної подолати розбіжності, створені існуючою політикою, яка з плином часу впроваджувалася без ефективної синергії та координації. Важливим є також формування належного набору регуляторних інструментів враховуючі довід ЄС, таких як заборони, технічні стандарти, цільові показники та економічні стимули/стримуючі фактори;

– залучати до обговорення програм збору та переробки відходів представників бізнес-спільноти та громадянського суспільства, що створює значний потенціал для зростання галузі переробки відходів в енергію, оскільки це може допомогти започаткувати відповідні технології для виробництва енергії. В цьому контексті також важливо проводити спільні консультації з молоддю, яких

торкнеться енергетичний перехід, інноваційними компаніями, громадянським суспільством, представниками влади на різних рівнях тощо, щоб показати потенціал реалізації цього енергетичного переходу;

– поєднувати різні регуляторні та економічні інструменти, наприклад запровадження високих податків або фактичних заборон на захоронення відходів на полігонах, зробивши його вкрай незручним варіантом; запровадження певної системи ціноутворення для заохочування доброчесної поведінки користувачів щодо належного сортування відходів; з метою збільшення ефективності ланцюга переробки здійснення рекуперацію енергії на залишковій частині невідсортованих відходів, що гарантує отримання електричної та теплової енергії, яка буде сприяти живленню міських мереж централізованого тепlopостачання.

Зазначимо, що подальші дослідження авторів будуть спрямовані на обґрунтування напрямків та механізмів реалізації енергетичного переходу в економіці України через впровадження інноваційних технологій виробництва енергії з відходів.

Список використаних джерел:

1. State of the Energy Union 2023: EU responds effectively to crisis, looks to the future, and accelerates the green transition. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_5188
2. Waste to Energy Market Size – Global Industry, Share, Analysis, Trends and Forecast 2023–2032. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/waste-to-energy-market-100421>
3. Zubko, T. International cooperation in the energy sector. *Foreign trade: economics, finance, law*. 2024. No. 135. Vol. 4 (Sep. 2024). P. 25–37. DOI: [https://doi.org/10.31617/3.2024\(135\)02](https://doi.org/10.31617/3.2024(135)02)
4. Когут-Ференс О.І. Сучасний стан розвитку та функціонування світового ринку енергетики та торгівлі енергоресурсами. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. Серія економічна. Серія юридична*. 2022. No. 32. P. 265–272. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/585>
5. Kudyрко, L., Stetsko, M., Lezhopkova, V., Petrochenko, O., Makatora, D., & Yashchenko, O. Environmental Aspects of Geospatial Diversification of Foreign Trade: The Case of Ukraine-EU. In: Khoury, R.E., Nasrallah, N. (eds) *Intelligent Systems, Business, and Innovation Research. Studies in Systems, Decision and Control*, 2024. No. (489). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_15
6. Corvellec, H., Stowell, A. F., Johansson, N. Critiques of the circular economy. *Journal of industrial ecology*. 2022. No. 26(2). P. 421–432. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.13187>
7. Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological economics*. 2018. No. 143. P. 37–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
8. Mhatre, P., Panchal, R., Singh, A., Bibyan, S. A systematic literature review on the circular economy initiatives in the European Union. *Sustainable Production and Consumption*. 2021. No. 26. P. 187–202. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.00>
9. Гурочкіна, В.В., Будзиська, М.С. Циркулярна економіка: українські реалії та можливості для промислових підприємств. *Економічний вісник. Серія: фінанси, облік, оподаткування*. 2020. No. (5). С. 52–64. DOI: <https://doi.org/10.33244/2617-5932.5.2020.52-64>
10. Савченко, В.М., Кононенко, Л.В., Карнаушенко, А.С. Циркулярна економіка в умовах формування Суспільства 5.0. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2023. No. (16). С. 166–174. DOI: <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.16.22>
11. Voukkali, I., Papamichael, I., Loizia, P., Lekkas, D.F., Rodríguez-Espinosa, T., Navarro-Pedreño, J., Zorpas, A.A. Waste metrics in the framework of circular economy. *Waste Management & Research*. 2023. No. 41(12). P. 1741–1753. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X23119079>
12. Gatto, A. Quantifying management efficiency of energy recovery from waste for the circular economy transition in Europe. *Journal of Cleaner Production*. 2023. No. 414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136948>
13. Ishchenko, V., Xiaodong, S., Hlavatska, L., Gritsuk, I. Hazardous Waste Generation and Management: a Case Study of Ukraine. In *Proceedings of the 26th Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction*. Thessaloniki, Greece, 8–11 October 2023. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/39581/146900.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
14. Ziabina, Y., Iskakov, A., Senyah, M.M. Waste management system: key determinants of green development and energy balance transformation. *SocioEconomic Challenges*. 2023. No. 7(2). P. 161–172. DOI: [https://doi.org/10.21272/sec.7\(2\).161-172.2023](https://doi.org/10.21272/sec.7(2).161-172.2023)
15. Кориненко, Б.В., Худоярова, О.С., Гура, К.Ю., Ранський, А.П., Кориненко, Б.В., Ранський, А.П. Циркулярна економіка та термомічна конверсія твердих відходів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2021. № 4. С. 7–19. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/33691>
16. Зварич, Р., Зварич, І., Розширена відповідальність виробника в концепції розвитку циркулярної економіки. *Світ фінансів*. 2019. Вип. 3. С. 76–86. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/37106/1/ЗВАРИЧ.pdf>
17. Romano, G., Marciano, C. and Fiorelli, M. S. “References”. *Best Practices in Urban Solid Waste Management*. Emerald Publishing Limited, Leeds, 2021. P. 137–150. DOI: <https://doi.org/10.1108/978-1-80043-888-020211019>
18. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>
19. Directive (EU) 2018/849 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directives 2000/53/EC on end-of-life vehicles, 2006/66/EC on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators, and 2012/19/EU on waste electrical and electronic equipment. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32018L0849>
20. Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj>

21. Directive (EU) 2018/850 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 1999/31/EC on the landfill of waste. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0850&qid=1730491540902>
22. Eunomia. Economic Analysis of Options for Managing Biodegradable Municipal Waste; Final Report to the European Commission; Eunomia: Bristol, UK, 2011. URL: https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/compost/econanalysis_finalreport.pdf
23. Panayiotou, G.P., Bianchi, G., Georgiou, G., Arestia, L., Argyrou, M., Agathokleous, R., Tsamos, K.M., Tassou, S.A., Florides, G., Kalogirou, S., et al. Preliminary assessment of waste heat potential in major European industries. *Energy Procedia*. 2017. No. 123. P. 335–345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.263>
24. FhG-IBP. Waste 2 Go: D 2.2 Waste Profiling; FhG-IBP (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.): Munich, Germany, 2014. URL: http://www.waste2go.eu/download/20ad/1/D2.2_Waste%20profiling.pdf
25. Oreggioni, G.D., Gowreesunker, B.L., Tassou, S.A., Bianchi, G., Reilly, M., Kirby, M.E., ... & Theodorou, M.K. Potential for energy production from farm wastes using anaerobic digestion in the UK: An economic comparison of different size plants. *Energies*. 2017. No. 10(9). DOI: <https://doi.org/10.3390/en10091396>
26. Valenturf, A.P.M., Purnell, P., Tregent, M., Ferguson, J., Holmes, A. Co-Producing a Vision and Approach for the Transition towards a Circular Economy: Perspectives from Government Partners. *Sustainability* 2018, No. 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10051401>

References:

1. EU (2023) State of the Energy Union 2023: EU responds effectively to crisis, looks to the future, and accelerates the green transition. Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_5188
2. Waste to Energy Market Size – Global Industry, Share, Analysis, Trends and Forecast 2023–2032. Available at: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/waste-to-energy-market-100421>
3. Zubko T. (Sep. 2024) International cooperation in the energy sector. *Foreign trade: economics, finance, law*, no. 135, vol. 4, pp. 25–37. DOI: [https://doi.org/10.31617/3.2024\(135\)02](https://doi.org/10.31617/3.2024(135)02).
4. Kogut-Ferens, O. I. (2022) Suchasny stan rozvytku ta funktsionuvannya svitovoho rynku enerhetyky ta torhivli enerhoresursamy. [The current state of development and functioning of the world energy market and trade in energy resources]. *Scientific notes of Lviv University of Business and Law*, no. 32, pp. 265–272. Available at: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/585>
5. Kudyрко, L., Stetsko, M., Lezhepokova, V., Petrochenko, O., Makatora, D., & Yashchenko, O. (2024) Environmental Aspects of Geospatial Diversification of Foreign Trade: The Case of Ukraine-EU. In: Khoury, R.E., Nasrallah, N. (eds) *Intelligent Systems, Business, and Innovation Research. Studies in Systems, Decision and Control*, no. (489). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_15
6. Corvellec, H., Stowell, A. F., & Johansson, N. (2022) Critiques of the circular economy. *Journal of industrial ecology*, no. 26(2), pp. 421–432. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.13187>
7. Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological economics*, no. 143, pp. 37–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
8. Mhatre, P., Panchal, R., Singh, A., & Bibyan, S. (2021) A systematic literature review on the circular economy initiatives in the European Union. *Sustainable Production and Consumption*, no. 26, pp. 187–202. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.00>
9. Gurochkina, V. V., & Budzynska, M. S. (2020) Tsyrykulyarna ekonomika: ukraïns'ki realiyi ta mozhlyvosti dlya promyslovykh pidpryyemstv. [Circular economy: Ukrainian realities and opportunities for industrial enterprises]. *Economic Herald. Series: finance, accounting, taxation*, no. (5), pp. 52–64. DOI: <https://doi.org/10.33244/2617-5932.5.2020.52-64>
10. Savchenko, V. M., Kononenko, L. V., & Karnaushenko, A. S. (2023) Tsyrykulyarna ekonomika v umovakh formuvannya Suspil'stva 5.0. [Circular economy in the conditions of the formation of Society 5.0]. *Taurian Scientific Bulletin. Series: Economics*, no. (16), pp. 166–174. DOI: <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.16.22>
11. Voukkali, I., Papamichael, I., Loizia, P., Lekkas, D. F., Rodríguez-Espinosa, T., Navarro-Pedreño, J., & Zorpas, A. A. (2023) Waste metrics in the framework of circular economy. *Waste Management & Research*, no. 41(12), pp. 1741–1753. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X23119079>
12. Gatto, A. (2023) Quantifying management efficiency of energy recovery from waste for the circular economy transition in Europe. *Journal of Cleaner Production*, no. 414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136948>
13. Ishchenko, V., Xiaodong, S., Hlavatska, L., & Gritsuk, I. (2023) Hazardous Waste Generation and Management: a Case Study of Ukraine. In *Proceedings of the 26th Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction, Thessaloniki, Greece, 8–11 October 2023*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Available at: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/39581/146900.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
14. Ziabina, Y., Iskakov, A., & Senyah, M. M. (2023) Waste management system: key determinants of green development and energy balance transformation. *SocioEconomic Challenges*, no. 7(2), pp. 161–172. DOI: [https://doi.org/10.21272/sec.7\(2\).161-172.2023](https://doi.org/10.21272/sec.7(2).161-172.2023)
15. Korinenko, B. V., Khudoyarova, O. C., Gura, K. Yu., Ransky, A. P., Korynenko, B. V., & Ransky, A. P. (2021) Tsyrykulyarna ekonomika ta termokhimichna konversiya tverdykh vidkhodiv [Circular economy and thermochemical conversion of solid waste]. *Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute*, no. 4, pp. 7–19. Available at: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/33691>
16. Zvarych, R., Zvarych, I., (2019) Rozshyrenna vidpovidal'nist' vyrobnyka v kontseptsiyi rozvytku tsyrykulyarnoyi ekonomiky [Extended producer responsibility in the concept of circular economy development]. *The world of finance*, issue 3, pp. 76–86. Available at: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/37106/1/ЗВАРИЧ.pdf>
17. Romano, G., Marciano, C. and Fiorelli, M. (2021) “References”. *Best Practices in Urban Solid Waste Management*, Emerald Publishing Limited, Leeds, pp. 137–150. DOI: <https://doi.org/10.1108/978-1-80043-888-020211019>
18. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>
19. Directive (EU) 2018/849 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directives 2000/53/EC on end-of-life vehicles, 2006/66/EC on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators, and 2012/19/EU on waste electrical and electronic equipment. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32018L0849>
20. Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj>
21. Directive (EU) 2018/850 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 1999/31/EC on the landfill of waste. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0850&qid=1730491540902>
22. Eunomia. Economic Analysis of Options for Managing Biodegradable Municipal Waste; Final Report to the European Commission; Eunomia: Bristol, UK, 2011. Available at: https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/compost/econanalysis_finalreport.pdf

23. Panayiotou, G. P., Bianchi, G., Georgiou, G., Arestia, L., Argyrou, M., Agathokleous, R., Tsamos, K. M., Tassou, S.A., Florides, G., Kalogirou, S., et al. (2017) Preliminary assessment of waste heat potential in major European industries. *Energy Procedia*, no. 123, pp. 335–345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.263>
24. FhG-IBP (2014) Waste 2 Go: D 2.2 Waste Profiling, FhG-IBP (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.). Available at: http://www.waste2go.eu/download/20ad/1/D2.2_Waste%20profiling.pdf.
25. Oreggioni, G. D., Gowreesunker, B. L., Tassou, S. A., Bianchi, G., Reilly, M., Kirby, M. E., ... & Theodorou, M. K. (2017) Potential for energy production from farm wastes using anaerobic digestion in the UK: An economic comparison of different size plants. *Energies*, no. 10(9). DOI: <https://doi.org/10.3390/en10091396>
26. Velenturf, A. P. M., Purnell, P., Tregent, M., Ferguson, J., Holmes, A. (2018) Co-Producing a Vision and Approach for the Transition towards a Circular Economy: Perspectives from Government Partners. *Sustainability*, no. 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10051401>

Duginets Ganna
Generalov Oleksandr

State University of Trade and Economics

WASTE TO ENERGY IN THE EU CIRCULAR ECONOMY MODEL: THE EXPERIENCE FOR UKRAINE

Summary

The article is devoted to analysing energy from waste as a key element of the EU circular economy model in order to produce best practices for updating the national energy strategy of Ukraine. It is determined that the global market for energy from waste has significant prospects for development, since energy from waste is an important tool for the transition to clean energy as a key element of the EU circular economy model. The factors that influence the leading position of the European region in this market are analyzed. It is proven that waste collection should be carried out in accordance with its hierarchy, and should also be aimed at maximizing recycling and reuse using methods and technologies that can make circularity efficient and economically convenient. The periods of development of European legislation that influenced the basic rules of the Community on waste management are identified. The main technologies that allow to recycle waste into energy are outlined. It is determined that the growing trend of electricity production from biomass will lead to the dominance of biochemical technologies in the waste energy market. Examples of some European countries that use energy from waste as an element of the circular economy model are analyzed. It is substantiated that the existing changes stimulate strategic partnerships between business, government and society in the field of waste-to-energy. It is concluded that the dissemination of waste-to-energy technologies is an important issue for Ukraine, especially in the context of limited access to energy resources against the backdrop of the ongoing Russian-Ukrainian war. The conclusion identifies key EU practices for further implementation in our country, including for updating the national energy strategy: improving the waste management system to overcome existing discrepancies, involving representatives of the business community, government officials and civil society in discussions of waste collection and recycling programs to show the potential for implementing this energy transition, combining regulatory and economic instruments, etc.)

Keywords: circular economy, EU, Sustainable Development Goals, green economy, energy from waste, renewable energy sources, feed-in tariffs, world energy market, national energy strategies, circular business models.