

ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 330.4:338:432:502.174

DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/179-14>**Вовк В. Ю.**аспірантка, науковий співробітник наукової тематики,
Вінницький національний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4029-5109>**Vovk Valeriia**

Vinnytsia National Agrarian University

СВІТОВИЙ ДОСВІД ПЕРЕХОДУ ДО МОДЕЛЕЙ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АПК

Стаття присвячена питанням світового досвіду переходу до моделей циркулярної економіки на основі використання безвідходних технологій в АПК. Визначено основні відмінності циркулярної моделі економіки від лінійної (традиційної). Виокремлено екологічні, економічні та соціальні переваги моделі циркулярної економіки як на вході так і на виході із системи. Проаналізовано національні особливості переходу деяких країн світу до моделі циркулярної економіки, зокрема, у всіх випадках концепція циркулярної економіки пов'язана з переробкою відходів та екологічним навантаженням на навколишнє природне середовище. Запропоновано при використанні безвідходних технологій в АПК застосовувати поняття «циркулярна біоекономіка», яку варто розглядати як поєднання понять «циркулярна економіка» та «біоекономіка». Під циркулярною біоекономікою розуміємо стратегію, спрямовану на зменшення залежності від викопного палива, перехід до відновлюваних джерел енергії та забезпечення сталого розвитку економіки за рахунок використання безвідходних технологій. Встановлено, що найбільш перспективною моделлю циркулярної біоекономіки на основі використання безвідходних технологій в АПК є виробництво біогазу з сільськогосподарських відходів. Визначено сучасний стан розвитку біогазових технологій у деяких країнах світу та виокремлено переваги для сільськогосподарських підприємств від впровадження еколого-безпечних безвідходних технологій виробництва біогазу з відходів. На основі проведених досліджень світового досвіду впровадження моделі циркулярної економіки з використанням безвідходних технологій в АПК, розроблено потенційну схему виробництва біогазу з сільськогосподарських відходів для забезпечення енергетичної безпеки галузі та охарактеризовано екологічні ефекти від її запровадження.

Ключові слова: циркулярна економіка, циркулярна біоекономіка, безвідходні технології, біогаз, сільськогосподарські відходи.

WORLD EXPERIENCE OF TRANSITION TO CIRCULAR ECONOMY MODELS ON THE BASIS OF USE OF WASTE-FREE TECHNOLOGIES IN AIC

The article is devoted to the issues of world experience of transition to models of circular economy on the basis of use of waste-free technologies in agro – industrial complex. The main differences of the circular model of the economy from the linear (traditional) one are determined. The ecological, economic and social advantages of the circular economy both at the entrance and at the exit from the circular model of economy are singled out. The evolutionary development of R-principles of formation of the concept of circular economy from 3R to 10R is investigated, which proves the dynamism and complexity circular economy. It is substantiated that the circular economy covers issues of energy efficiency, reduction of pollutant emissions, creation of innovative and efficient methods of production and consumption, optimization of waste management on a cyclical basis. The national peculiarities of the transition to the model of circular economy in some countries of the world are analyzed, in particular, in all cases the concept of circular economy is related to the recycling of waste by environmental impact on the environment. It is proposed to use the concept of “circular bioeconomy” when using waste-free agro-industrial technologies, which should be considered as a combination of the concepts of “circular economy” and “bioeconomy”. By circular bioeconomy we mean a strategy aimed at reducing dependence on fossil fuels, the transition to renewable energy sources and ensuring sustainable economic development through the use of waste-free technologies. It is established that the most promising model of circular bioeconomy based on the use of waste-free agro-industrial technologies is the production of biogas from agricultural waste. The current state of development of biogas technologies in some countries of the world is determined and the advantages for agricultural enterprises from the introduction of environmentally friendly waste-free technologies for biogas production from waste are determined. Based on the research of world experience in implementing a circular economy model using waste-free agro-industrial technologies, a potential scheme for biogas production from agricultural waste to ensure energy security of the industry and characterized the environmental effects of its implementation.

Keywords: circular economy, circular bioeconomy, waste-free technologies, biogas, agricultural waste.

JEL Classification: Q16, Q57, Q53

Постановка проблеми. Нині гостро стоїть проблема поводження з відходами як парадигми сталого управління ресурсами. Ця парадигма узгоджується з ідеєю циркулярної економіки. Економічні системи у багатьох країнах працюють за принципом «взьми-зроби-викинь», тобто є лінійними і не відображають реального стану проблеми утворення відходів, їх неналежної переробки, утилізації та забруднення довкілля. Проведені дослідження свідчать, що зараз Землі потрібно близько 1,5 роки для того, щоб відновити все те, що ми використовуємо за 1 рік (так званий «екологічний слід») [1]. У 2019 році було видобуто та перероблено понад 92 млрд т матеріалів, що стало причиною приблизно половини глобальних викидів CO₂ в атмосферу [2]. Концепція циркулярної економіки має на меті замінити класичну лінійну модель та передбачає, що відходи одного ланцюга виробництва стають сировиною для іншого, і, таким чином, зменшується негативний вплив на довкілля.

Світові країни-лідери вже усвідомлюють, що стрімке використання ресурсів становить значну загрозу в майбутньому, тому задля забезпечення концепції сталості країни переорієнтовуються на розвиток циркулярної моделі економіки. На рівні ЄС, ОЕСР та ООН сучасний стан моделі циркулярної економіки розуміють як засіб прискорення переходу до ресурсозберігаючих технологій, що дозволить підвищити конкурентоспроможність і реагування на глобальні екологічні виклики та загрози.

За даними фонду Е. Макартур, циркулярна економіка вже до 2025 р. зможе щорічно приносити понад 1 трлн дол. США доходу і забезпечувати приріст світового ВВП на 7% [3]. Попередні оцінки показують, що запуск програми циркулярної економіки на першому етапі тільки в рамках Євросоюзу зможе економити матеріалів на 300–380 млрд дол. США на рік.

У сучасному світі сільське господарство залишається ключовою галуззю економіки, забезпечуючи продовольчу безпеку та виробництво важливих видів сировини, але воно ж є одночасно і джерелом викидів парникових газів. За даними Міжурядової комісії з питань зміни клімату, антропогенні викиди парникових газів у світі становлять близько 21%; транспорт – 14%; сільське та лісове господарство – 23%; енергетика та видобуток – 35%, житловий сектор – 6% [4]. Отже, виникає потреба модернізації наявних моделей аграрного виробництва та удосконалення способів управління сільськогосподарськими системами з урахуванням зміни клімату. Тому особливо актуальним є впровадження моделі циркулярної економіки на основі використання безвідходних технологій саме у АПК для ефективної переробки відходів сільськогосподарської діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні окремим аспектам переходу до моделі циркулярної економіки та напрямам підвищення ефективності діяльності у сфері поводження із сільськогосподарськими відходами та виробництва біогазу присвячено низку праць представників наукової школи, яку очолює Калетнік Г.М. [12; 15], а саме І. Гончарук [4; 12; 17], Д. Токарчук [16], Н. Пришляк [16], Я. Гончарука [15], Я. Паламаренко, Г. Шевчук та інші.

М. Залунін у свою чергу висвітлив у своїй праці основні аспекти міжнародного досвіду переходу від

традиційної моделі економіки до циркулярної [9]. Сутність поняття біоекономіки та стратегії її подальшого розвитку представили у своїй праці С. Федина, Б. Ковальов та В. Ігнатченко [10]. О. Сидорчук досліджував досвід Європи та світу із застосування біогазових технологій [14].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Віддаючи належне існуючим на сьогодні напрацюванням науковців із питань переходу країн світу до моделі циркулярної економіки, досі залишається недостатньо дослідженим питання підвищення ресурсоефективності та переробки відходів у сільському господарстві у згаданій моделі.

Формулювання цілей статті. Головною метою дослідження є обґрунтування світового досвіду використання безвідходних технологій АПК у контексті їх переходу до моделі циркулярної економіки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Циркулярна економіка є новою економічною моделлю, у якій акцент робиться на повторне використання матеріалів, а також на створення доданої вартості за допомогою послуг та інтелектуальних рішень. Циркулярна економіка передбачає, що ланцюг створення вартості організований так, що виходи одного ланцюга стають входами для іншого, знижуючи залежність від нових видів сировини. У глобальному сенсі циркулярна економіка є дуже актуальною, адже, за оцінками міжнародних організацій, глобальне значення ринку циркулярної економіки становить понад трильйон доларів США.

Циркулярна модель економіки є протилежною лінійній (традиційній) моделі. У той час, як лінійна (традиційна) модель економіки передбачає, що всі процеси здійснюються за алгоритмом «виробництво-використання-утилізація», головний принцип циркулярної економіки полягає у тому, щоб «взяти-зробити-переробити-відновити-використати ще раз-знижити рівень відходів-мінімізувати витрати-перейти до відновлюваних джерел енергії». Тобто алгоритм лінійної економіки, насамперед, спричиняє негативні екологічні наслідки для навколишнього природного середовища, а також у стані неефективного ресурсовикористання відбувається значне підвищення цін на вироблену продукцію, що є нераціональним і з економічної точки зору. Циркулярна економіка передбачає формування нових підходів до процесу виробництва і зосереджується головним чином на тих продуктах і послугах, які дозволяють мінімізувати відходи та інші види забруднень. Переваги циркулярної моделі економіки над лінійною представлено на рис. 1.

Основою циркулярної економіки є модель 3R (Reduce, Reuse, Recycle). Варто зазначити, що у 2018 р. Всесвітнім економічним форумом було значно розширено принципи циркулярної економіки до 10R (рис. 2).

Sensoneo – словацька компанія, яка надає послуги смарт-управління відходами, розробила Глобальний індекс відходів (The Global Waste Index). Вказаний індекс – це порівняльний аналіз поводження з відходами на душу населення у 36 країнах, які є членами Організації економічного співробітництва та розвитку (далі – ОЕСР). Глобальний індекс відходів формується на основі даних щодо утворення відходів, переробки (ресайклінгу), спалювання, звалищ (офіційних та незаконних) та неврахованих відходів. Остаточні оцінки для розрахунку Глобального індексу відходів були

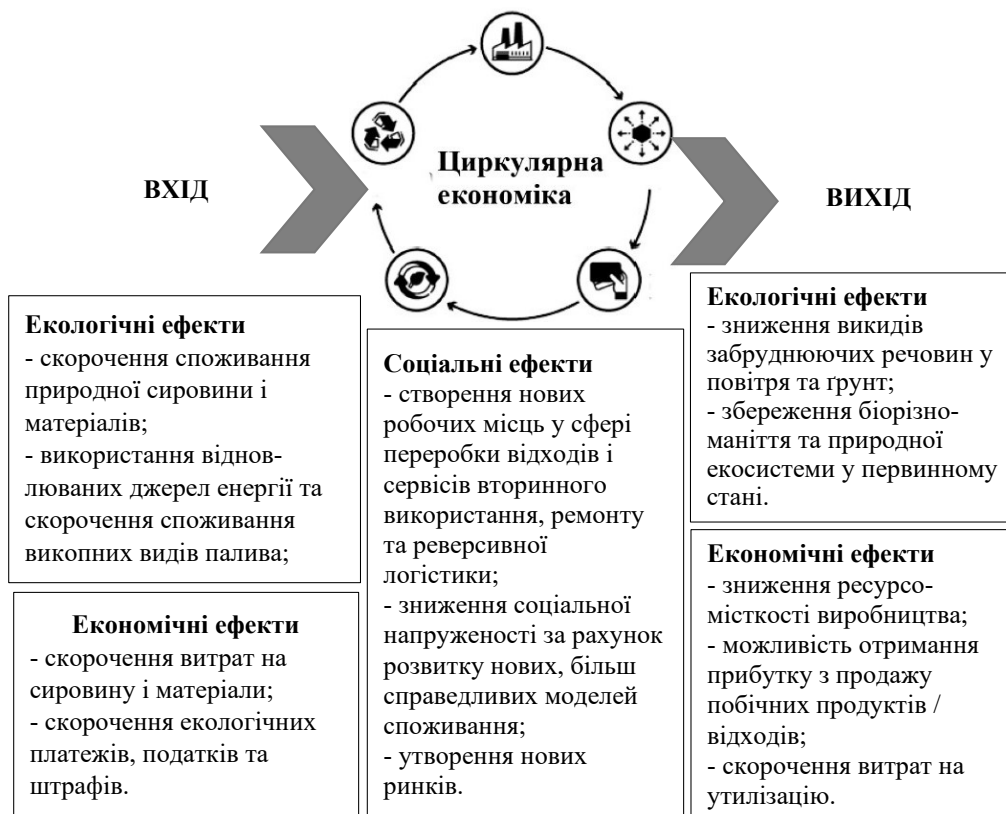


Рис. 1. Екологічні, економічні та соціальні переваги циркулярної економіки

Джерело: сформовано автором на основі дослідженої літератури

стандартизовані від 0 до 100, причому 0 є найнижчим балом, що вказує на країну, яка найгірше поводить себе з відходами і 100 – найвищий, що вказує на країну, яка найкраще управляє відходами.

Рейтинг країн ОЕСР відповідно до Глобального індексу відходів у 2019 р. представлено на рис. 3.

Отже, станом на 2019 рік найбільшу кількість відходів створювали такі країни, як США – 5,00, Данія – 4,72, Нова Зеландія – 4,17, Канада – 3,96, Швейцарія – 3,96.

Поки в Україні тільки думають, як боротися з відходами і запроваджувати циркулярні принципи, в Європі говорять про нову політику у сфері циркулярної економіки. Разом із прийняттям Європейською комісією у грудні 2019 року European Green Deal – плану дій ЄС щодо досягнення кліматичної нейтральності – 11 березня 2020 року прийнято Circular Economy Action Plan або CEAP (План дій щодо циркулярної економіки), в основу якого закладено стале використання ресурсів. Зазначений документ є головним блоком у досягненні цілей European Green Deal. Метою прийняття Circular Economy Action Plan є скорочення споживання ресурсів у ЄС та підвищення рівня повторного використання ресурсів найближчими роками, одночасно сприяючи економічному зростанню.

За даними Всесвітнього звіту циркулярного розриву 2021, у 2020 р. світова економіка використовувала лише 8,6% ресурсів як вторинну сировину, лише два роки тому даний показник становив 9,1%, відповідно, ситуація значно погіршилася. У світі як і раніше домінують застарілі практики, засновані на принципах лінійної

моделі економіки «взьми-зроби-викинь». Циркулярна економіка (замкнутого циклу) гарантує, що при меншій кількості матеріалів і енерговитрат ми все одно зможемо забезпечувати такі ж або навіть більші обсяги виробництва продукції. Завдяки розробленим стратегіям і зниженню споживання ресурсів циркулярна економіка здатна скоротити глобальні викиди парникових газів на 39% і використання первинної сировини – на 28% [7]. Щоб досягти кінцевої мети – створення соціально справедливої і екологічно безпечного простору необхідно раціонально використовувати ресурси, що обмежить споживання і скоротить викиди, зберігши їх в межах допустимих планетарних меж.

Незважаючи на розробку Європейською комісією Circular Economy Action Plan у рамках досягнення цілей European Green Deal, кожна європейська країна має національні особливості реалізації концепції циркулярної економіки.

Зокрема, Німеччина, маючи потужну індустріальну економіку, сформувала основу циркулярної економіки через матеріальні потоки і доступність матеріалів, а Нідерланди – на інноваціях у матеріалах та бізнес-моделях. Фінляндія є першою країною у світі, яка розробила національну дорожню карту для переходу до циркулярної економіки. Шотландія стала першою країною, що вступила у клуб Circular Economy 100 (CE100), створений із ініціативи Фонду Еллен МакАртур, із метою стимулювання співробітництва та інновацій для розвитку циркулярної економіки [8].

У Китаї циркулярна економіка почала розвиватися у рамках програми індустріальної екології, яка розгля-



Рис. 2. Основні принципи економіки замкненого циклу (модель 10R)

Джерело: узагальнено автором на основі даних [5]

дає питання як відходи однієї компанії можуть стати ресурсами для іншої. Туреччина також починає впроваджувати концепцію циркулярної економіки.

За підтримки розвинених країн окремі країни, що розвиваються, тільки приступають до вивчення можливостей циркулярної економіки. Так, уряди Руанди, Нігерії та Південно-Африканської Республіки активно співпрацюють зі Світовим економічним форумом у рамках створеного Африканського альянсу по циркулярній економіці.

Існує певний ризик у тому, що розвинені країни і компанії будуть використовувати модель циркулярної економіки, впроваджуючи свої технологічні переваги як привід для отримання доступу до ринків і гарантій на збереження займаної частки. Але, на нашу думку, країни з більш низьким доходом можуть вважатися

більш циркулярним, ніж розвинені, тому що існує більша економія як ресурсів, так і використаних матеріалів. Тому головним питанням, яке необхідно вирішити – як перетворити ці процеси у можливість сталого розвитку [9, с. 260–261].

Для досягнення головної мети розробленого Європейського Зеленого Курсу – кліматичної нейтральності та переходу до моделі циркулярної економіки країн ЄС, насамперед, передбачається поступове збільшення частки відновлюваних джерел енергії у структурі валового кінцевого споживання енергії. Заплановані та фактичні показники частки ВДЕ у структурі валового кінцевого споживання енергії у ЄС представлено у табл. 1.

Таким чином, переважна більшість країн ЄС досягли та навіть перевионали плановий показник частки ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні.

Таблиця 1

Частка ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні ЄС та України (планові та фактичні показники), %

Країни ЄС	2020 р. факт	2020 р. план	Країни ЄС	2020 р. факт	2020 р. план
ЄС-28	22,854	20	Іспанія	21,220	20
Швеція	60,124	49	Італія	20,359	17
Фінляндія	43,802	38	Німеччина	19,312	18
Латвія	42,132	40	Франція	19,109	23
Австрія	36,545	34	Словаччина	17,345	14
Португалія	33,982	31	Чехія	17,303	13
Данія	31,648	30	Кіпр	16,879	13
Хорватія	31,023	20	Ірландія	16,160	16
Естонія	30,069	25	Польща	16,102	15
Литва	26,773	23	Нідерланди	13,999	14
Словенія	25,000	25	Угорщина	13,850	13
Румунія	24,478	24	Люксембург	11,699	11
Болгарія	23,319	16	Великобританія	12,336	15
Греція	21,749	18	Україна	9,2	11

Джерело: сформовано автором на основі даних Eurostat

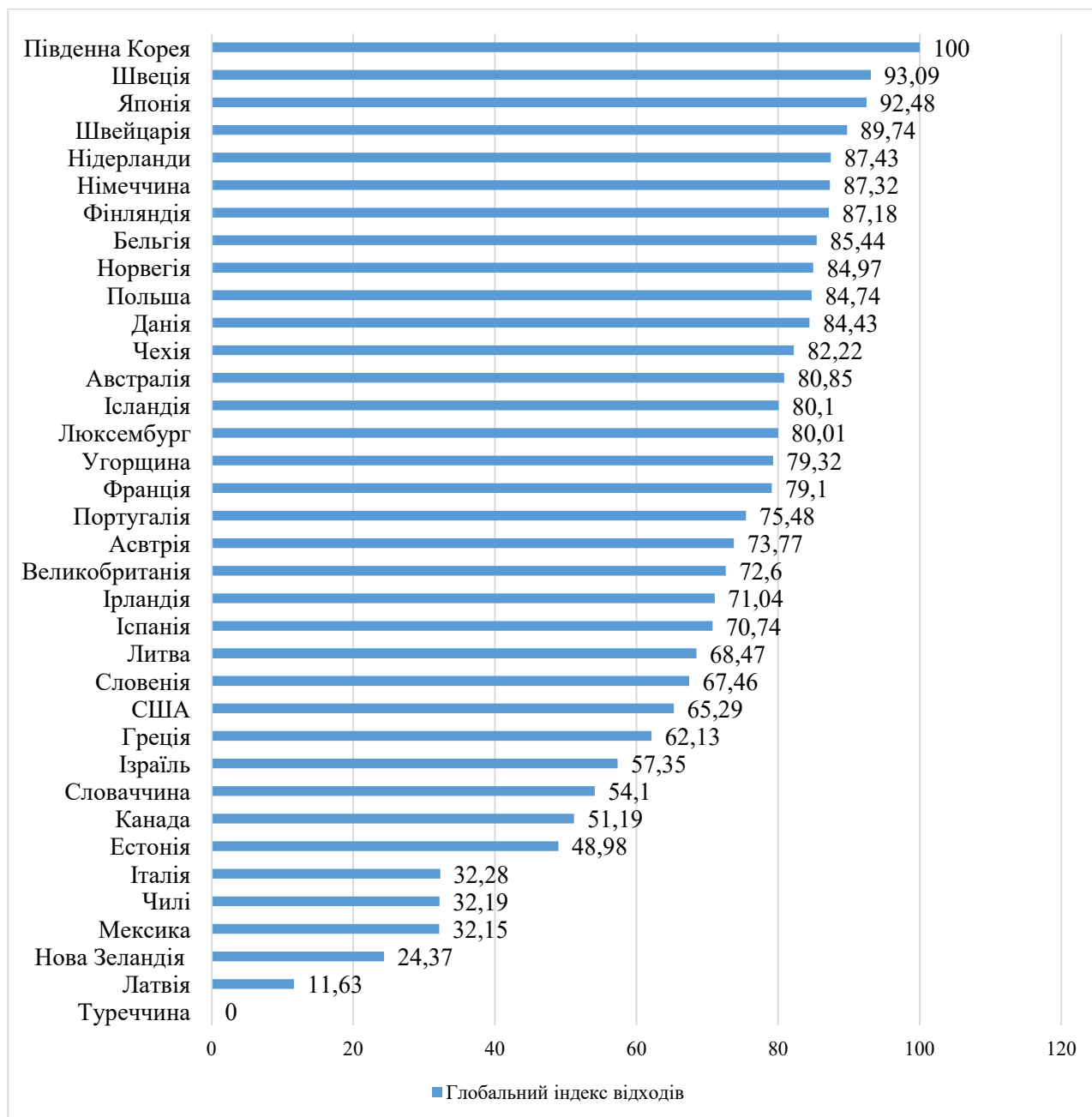


Рис. 3. Рейтинг країн ОЕСР відповідно до Глобального індексу відходів у 2019 р.

Джерело: сформовано автором на основі даних [6]

Не досягли запланованого показника до 2020 р. такі країни, як Франція (фактично досягнуто 19,109% проти 23% запланованих на 2020 р.); Великобританія (фактично досягнуто 12,336% проти 15% запланованих на 2020 р.); Нідерланди фактично досягли планового показника. Поруч із зазначеними країнами ЄС, Україна також не досягла встановленого планового показника частки ВДЕ у кінцевому енергоспоживанні. Частка ВДЕ у кінцевому енергоспоживанні України у 2020 р. становила 9,2%, а планувалося, що вказаний показник становитиме 11%.

Провідні країни освіти, особливо країни-члени ЄС, для підвищення частки ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні використовують не тільки енергію альтернативних джерел, але і енергію біомаси з

використанням безвідходних (екофільних) технологій. Використання безвідходних технологій для виробництва енергії з біомаси є важливим етапом розвитку циркулярної економіки.

Нещодавно дослідники розробили концепцію циркулярної біоекономіки, яка опирається на стійке та ефективне використання сировини з різноманітної біомаси, включаючи відходи. Деякі автори вважають циркулярну біоекономіку перетином двох понять – біоекономіки та циркулярної економіки. Однак циркулярна біоекономіка також вважається чимось більшим, ніж ці дві моделі окремо.

Циркулярна біоекономіка також використовує невикористаний потенціал, що зберігається в мільйонах тонн біологічних відходів та залишкових матеріалів.

Більшість країн розглядає біоекономіку як стратегію, спрямовану на зменшення залежності від викопного палива, перехід до відновлюваних джерел енергії та забезпечення сталого розвитку економіки.

Основними завданнями зростання циркулярної біоекономіки у Європі є:

- забезпечення продовольчої безпеки;
- управління обмеженими та виснаженими природними ресурсами;
- зменшення залежності від невідновлюваних ресурсів;
- пом'якшення та адаптація до змін клімату;
- створення робочих місць та підтримка європейської конкурентоспроможності.

Деякі країни ЄС вже розробили та займаються впровадженням біоекономічних стратегій, зокрема Швеція, Німеччина, Фінляндія, Бельгія та інші. Зокрема, у Фінляндії відбувається розвиток економіки на основі біоресурсів. Поточні проекти у цій галузі оцінюють у 4 млрд дол. США, серед основних інвесторів компанії Японії, Австрії та Китаю. Влада Фінляндії взяла на себе обов'язки збільшити поточний 60-мільярдний обіг біоекономіки до 2025 року. Зокрема, створені цільові фонди для розвитку біоіндустрії, що включають у себе витрати на дослідження, пілотні проекти та інвестиційну підтримку [10, с. 20].

Як зазначається у звіті Міжнародного енергетичного агентства «Циркулярна економіка та біоекономіка», сьогодні за оцінками експертів ринок біоекономіки в Європі перевищує 2 трлн євро і забезпечує 22 млн робочих місць (близько 9% ринку ЄС) у таких секторах економіки, як сільське господарство, лісова, харчова, хімічна промисловість, а також виробництво екологічно чистої енергії [11].

Циркулярна економіка заснована на принципах сталого розвитку і її основними інструментами повинні стати екологічні інновації та «зелені технології». Концепція циркулярної біоекономіки передбачає використання біопереробних заводів, які переробляють відновлювані біоресурси, включаючи агровідходи та побічні продукти, для виробництва енергії (біопалива, електроенергії, тепла) і різноманітних продуктів, таких як продукти харчування, корми для тварин, хімічні речовини, фармацевтичні товари тощо. Такі об'єкти можуть використовувати різноманітні біологічні ресурси, зокрема лігноцелюлозу, водорості (мікродорості), сільськогосподарські, комунальні, промислові та лісові відходи та залишки, такі як, наприклад, гній, продукти харчування, осад.

Однією із найефективніших зелених технологій є безвідходні (екофільні) технології переробки сільськогосподарських відходів на біогаз, які дають змогу не тільки максимізувати вилучення цінних компонентів сировини та перетворити їх у корисні продукти, але і одночасно мінімізувати або взагалі виключити шкоду навколишньому природному середовищу. Впровадження безвідходних технологій на сільськогосподарських підприємствах з використанням відходів їх виробництва – найбільш перспективний напрям переходу до моделі циркулярної біоекономіки.

Біомаса вважається одним із ключових поновлюваних енергетичних ресурсів майбутнього, оскільки забезпечує 14% споживання первинної енергії. Споживання біомаси зростає швидкими темпами. На гло-

бальному рівні до 2050 року біомаса може забезпечити виробництво 3000 тВт/ч електроенергії, що дозволить задовольнити потреби 7,5% населення світу, а також сприятиме скороченню викидів CO₂ до 1,3 млрд тонн на рік. У свою чергу, Швеція та Австрія забезпечують 15% потреби в первинних енергосилах за рахунок біомаси, а США – 4%. Теплотворна здатність сухої біомаси становить близько 14 МДж/кг [12].

На даний час понад 65 країн світу використовують біогазові установки, виробляючи біогаз як альтернативне джерело енергії. Лідером у застосуванні біогазових технологій є Китай, де діє понад 15 млн біогазових установок. 86% біогазу підприємства Китаю виробляють із сільськогосподарських відходів і лише 14% – із промислових та каналізаційних відходів. Китай має середньо- та довгостроковий план розвитку відновлюваної енергетики з метою досягнення річного рівня виробництва біогазу на рівні 50 млрд м³, які мають бути забезпечені як біогазовими установками промислового типу, так і малопотужними домашніми станціями. В Індії діє близько 10 млн біогазових установок. Сільськогосподарські відходи (включаючи гній тварин, відходи ферм, рослинні залишки та енергетичні культури) є рушійною силою світового ринку біогазу. Вони становлять приблизно 65–70% сировини біогазового ринку.

Загалом станом на кінець 2019 р. у Європі функціонувало 18838 біогазових установок (даний показник зріс на 4% порівняно із 2018 р.). Наразі біогазовий сектор ЄС виробляє 15,8 млрд кубометрів біогазу та 2,43 млрд кубометрів біометану, при цьому 75% біогазу виробляється з відходів сільського господарства, 17% – з органічних відходів приватних домогосподарств і підприємств і ще 8% – каналізаційних очисних споруд [13].

Лідером за виробництвом біогазу у Європі є Німеччина, де функціонує майже 11 тис. біогазових установок (близько половини всіх світових установок). Три з шести найбільших європейських компаній у біогазовій галузі – німецькі: Strabag Umwelthanlagen GmbH, Schmack Biogas AG, Biotechnische Abfallverwertung – із загальною кількістю 280 заводів і обсягом виробництва близько 3,7 млн т. Німеччина виробляє 93% біогазу за рахунок ферментації сільськогосподарських культур та рослинних залишків. У перспективі, при оптимальному використанні біогазу в Німеччині електрикою з цього виду палива можна буде забезпечити 12 млн домогосподарств. Уже зараз вироблених із біогазу електроенергії і тепла достатньо приблизно для 500 тис. приватних будинків і квартир.

Серед європейських країн із високими темпами розвитку біогазових технологій, які працюють на сільськогосподарських відходах можна виділити, як вже зазначалося, Німеччину, а також Італію, Францію та Чехію; на ТПВ – Великобританію, Іспанію, Італію та Францію; зі стоків стічних вод – Швецію, Литву, Польщу.

У США, незважаючи на значну кількість ферм, ринок біогазу розвивається помітно повільнішими темпами, ніж європейський. На території країни діє близько 2100 біогазових установок, які переважно працюють на відходах сільського господарства, зокрема відходах тваринництва (гній ВРХ). Загальна потужність всіх установок на таких фермах наближається до

60 МВт. Ринок біогазових установок у США оцінюється в 2,4 мільярда доларів США у 2020 році. Більшість американських біогазових станцій концентрується у штатах Нью-Йорк, Пенсильванія, Вермонт і Вісконсин. Однак вони охоплюють лише незначну частину від 8000 господарств, в яких можна було б впровадити виробництво біогазу. Так, за підрахунками американських фахівців, в середньому, стадо з 1000 корів може забезпечити паливом близько 250 КВт генеруючих потужностей, тож потенційні можливості всіх господарств США з генерації енергії з біогазу сягають 1600 МВт [14].

Для сільськогосподарських підприємств перевагами впровадження еколого-безпечних безвідходних технологій виробництва біогазу з відходів є економія на витратах через виробництво електро- та теплової енергії з власної сировини, зменшення залежності від зовнішніх енергоносіїв, можливість забезпечувати енергією інших споживачів. Проте, економічні вигоди від використання біогазу в кожному конкретному випадку залежатимуть від типу відходів, доступних для переробки, інвестиційних можливостей, наявності локального енергетичного ринку та державних ініціатив. Наприклад, у європейській практиці поширені фермерські біогазові установки, які зазвичай належать одному власнику – фермеру, та централізовані біогазові установки, які мають більші потужності та, як правило, є об'єктами кооперативного права власності (належать декільком фермерам) та вважаються більш економічно ефективними (ефект масштабу). При плануванні спочатку визначаються всі наявні ресурси та розраховуються можливості їх використання за різних сценаріїв, після чого приймається рішення щодо розташування, типу установки, потужності та навантаження. У країнах Європейського Союзу період окупності біогазових установок для переробки відходів агропромислового комплексу в середньому становить 6-14 років, або з врахуванням зеленого тарифу при продажі електроенергії у мережу – 4–8 років [15, с. 198].

На основі проведених досліджень впровадження моделі циркулярної економіки у країнах світу з використанням безвідходних технологій АПК, автором розроблено потенційну схему виробництва біогазу з сільськогосподарських відходів для забезпечення енергетичної безпеки (рис. 4).

Таким чином, потенційна схема виробництва біогазу із сільськогосподарських відходів забезпечує значний екологічний ефект:

– на локальному рівні вирішується проблема забруднення як підземних вод, так і водних басейнів загалом патогенами і хімікатами; відбувається покращення якості питної води безпосередньо біля тваринницьких ферм чи птахофабрик; зникає неприємний запах поблизу об'єктів галузі тваринництва;

– з використанням біодобрив, отриманих у результаті виробництва біогазу, вирішується проблема підвищення родючості земель та запобігання їх деградації; зменшується забур'яненість, кислотність, засоленість ґрунтів; отримуються екологічно чисті органічні продукти харчування, що позитивно впливає на здоров'я населення;

– на глобальному рівні відбувається зменшення накопичення відходів, зниження рівня використання викопних видів палива та скорочення викидів парникових газів, що здійснює свій вклад у виконання державою взятих на себе екологічних зобов'язань.

Висновки. Проведені дослідження дозволили встановити, що циркулярна економіка є базисом реалізації екологічних інновацій та підвищення екологічної відповідальності на основі обґрунтованого ресурсо- та енергоспоживання, зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище, розвитку соціально інтегрованого суспільства.

Для характеристики використання безвідходних технологій в АПК на основі біомаси пропонуємо використовувати поняття циркулярної біоекономіки. Концепція циркулярної біоекономіки передбачає використання біопереробних заводів, які переробляють відновлювані біоресурси, включаючи агровідходи та побічні продукти, для виробництва енергії (біопалива, електроенергії, тепла) та різноманітних продуктів. Впровадження безвідходних технологій на сільськогосподарських підприємствах з використанням відходів їх виробництва – найбільш перспективний напрям переходу до моделі циркулярної економіки. У країнах Європейського Союзу нині спостерігається зростання біоекономіки.

На основі розробленої потенційної схеми виробництва біогазу із сільськогосподарських відходів забезпечує значний екологічний ефект, а саме: зменшення використання викопних видів палива, ресурсозбере-

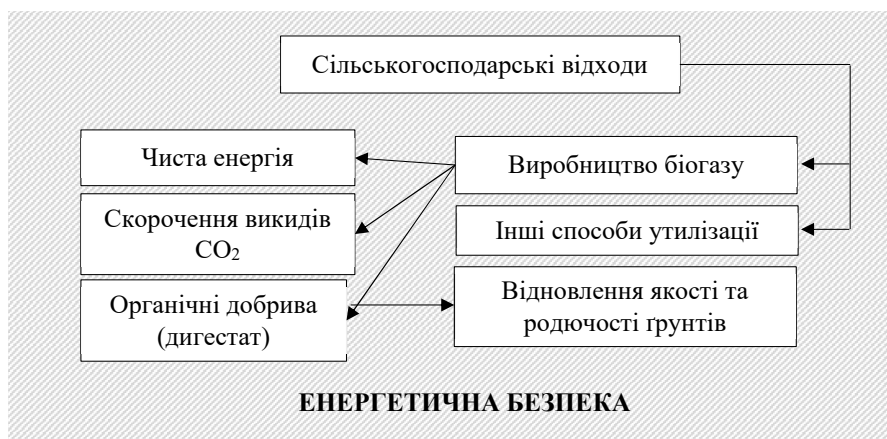


Рис. 4. Потенційна схема виробництва біогазу із сільськогосподарських відходів

Джерело: розроблено автором

ження та впровадження відновлювальних джерел енергії; скорочення викидів парникових газів; запобігання забрудненню ґрунтових і поверхневих вод і ґрунту; сприяння розв'язанню проблеми задоволення потреб у

певних категоріях матеріальних ресурсів (енергоресурсами та добривами, які сприятимуть збільшенню обсягів виробництва при умові зменшення обсягів використання природних ресурсів).

Список використаних джерел:

1. The EU's Circular Economy Action Plan. URL: <https://bit.ly/3lFj4mI> (дата звернення: 21.02.2022).
2. Why a Circular Economy Is Key to Sustainable Development (and Why Business Must Lead the Way). URL: <https://sustainablebrands.com/read/defining-the-nexteconomy/why-a-circular-economy-is-key-to-sustainable-development-andwhy-business-must-lead-the-way> (дата звернення: 15.02.2022).
3. MacArthur Foundation: Towards a Circular Economy: Business Rationale For An Accelerated Transition. URL: <https://emf.thirdlight.com/link/ip2fh05h21it-6nvypm/@/preview/1?o> (дата звернення: 21.03.2022).
4. Гончарук І.В., Вовк В.Ю. Понятійний апарат категорії сільськогосподарські відходи, їх класифікація та перспективи подальшого використання для виробництва біоенергії. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. № 3 (53). С. 23-38. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-3-2.
5. Всесвітній економічний форум. URL: <https://www.dw.com/uk/vsesvitnii-ekonomichnyi-forum/t-18994587> (дата звернення: 17.03.2022).
6. Global Waste Index 2019. Senseseo. URL: <https://senseseo.com/global-waste-index-2019/#> (дата звернення: 18.02.2022).
7. The Circularity Gap Report 2021. URL: <https://www.circularity-gap.world/2021> (дата звернення: 22.02.2022).
8. Досвід країн Європи в переході до циркулярної економіки. URL: <https://ecolog-ua.com/news/dosvid-krayin-yevropy-v-perehodi-do-syrkulyarnoyi-ekonomiky> (дата звернення: 18.03.2022).
9. Залуїнін М.М. Перехід від традиційної економіки до циркулярної: міжнародний досвід для України. *Бізнес-навігатор*. 2018. Вип. 6 (49). С. 259-263.
10. Федина С.М., Ковальов Б.Л., Ігнатченко В.М. Біоекономіка: сутність поняття, стратегії, стан та перспективи розвитку підприємницьких форм в Україні. *Механізм регулювання економіки*. 2019. № 3. С. 16-27. DOI: <https://doi.org/10.21272/mer.2019.85.02>.
11. The circular economy and the bioeconomy partners in sustainability: EEA Report № 8/2018. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-and-bioeconomy> (дата звернення: 17.02.2022).
12. Калетнік Г.М., Гончарук І.В. Економічні розрахунки потенціалу виробництва відновлювальної біоенергії у формуванні енергетичної незалежності агропромислового комплексу. *Економіка АПК*. 2020. № 9. С. 6-16. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202009006>.
13. Перспективи розвитку ринку біомаси в ЄС і Україні. Вплив використання біомаси за зміни клімату. URL: <https://uspp.ua/assets/doc/uspp-biomass.pdf> (дата звернення: 21.03.2022).
14. Сидорчук О. Досвід Європи та світу застосування біогазових технологій. *AgroExpert: практичний посібник аграріїв*. 2020. № 1 (138). С. 104-107.
15. Калетнік Г.М., Гончарук Я.В. Диференціація розвитку галузей переробної промисловості аграрного сектору Вінницької області. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2020. № 3 (53). С. 7-23. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-3-1.
16. Tokarchuk D.M., Pryshliak N.V., Tokarchuk O.A., Mazur K.V. Technical and economic aspects of biogas production at a small agricultural enterprise with modeling of the optimal distribution of energy resources for profits maximization. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020. № 61 (2). P. 339-349.
17. Honcharuk I.V., Vovk V.Yu. Waste-free technology's for the production of biofuels from agricultural waste as a component of energy security of enterprises. *Development of scientific, technological and innovation space in Ukraine and EU countries: collective monograph*. Publishing House "Baltija Publishing", Riga, Latvia. 2021. P. 142-165. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-37>.
18. Фурман І.В., Ратушняк Н.О. Перспективи виробництва біопалив в умовах реформування земельних відносин. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2021. № 3 (57). С. 53-68. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2021-3-4>.

References:

1. The EU's Circular Economy Action Plan. Available at: <https://bit.ly/3lFj4mI> (accessed 21 February 2022).
2. Why a Circular Economy Is Key to Sustainable Development (and Why Business Must Lead the Way) Available at: <https://sustainablebrands.com/read/defining-the-nexteconomy/why-a-circular-economy-is-key-to-sustainable-development-andwhy-business-must-lead-the-way> (accessed 15 February 2022).
3. MacArthur Foundation: Towards a Circular Economy: Business Rationale For An Accelerated Transition. Available at: <https://emf.thirdlight.com/link/ip2fh05h21it-6nvypm/@/preview/1?o> (accessed 21 February 2022).
4. Honcharuk I. V., & Vovk V. Yu. (2020) Poniatiyniy aparat katehorii silskohospodarski vidkhody, yikh klasyfikatsiia ta perspektyvy podalshoho vykorystannia dlia vyrobnytstva bioenerhii [Conceptual apparatus of the category of agricultural waste, their classification and prospects for further use for bioenergy production]. *Economics, finance, management: topical issues of science and practical activity*, vol. 3, pp. 23-38. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-3-2 [in Ukrainian].
5. Vsesvitnii ekonomichnyi forum [World Economic Forum]. Available at: <https://www.dw.com/uk/vsesvitnii-ekonomichnyi-forum/t-18994587> (accessed 17 March 2022).
6. Global Waste Index 2019. Senseseo. <https://senseseo.com/global-waste-index-2019/#> (accessed 18 February 2022).
7. The Circularity Gap Report 2021. Available at: <https://www.circularity-gap.world/2021> (accessed 22 February 2022).
8. Dosvid krain Yevropy v perehodi do tsyrkulyarnoi ekonomiky [The experience of European countries in the transition to a circular economy]. Available at: <https://ecolog-ua.com/news/dosvid-krayin-yevropy-v-perehodi-do-syrkulyarnoyi-ekonomiky> (accessed 18 March 2022).

9. Zalunin M. M. (2018) Perekhid vid tradytsiinoi ekonomiky do tsyrkuliarnoi: mizhnarodnyi dosvid dlia Ukrainy [Transition from traditional to circular economy: international experience for Ukraine]. *Business navigator*, vol. 6 (49), pp. 259-263.
10. Fedyna S. M., Kovalov B. L., & Ihnatchenko V. M. (2019) Bioekonomika: sutnist poniattia, stratehii, stan ta perspektyvy rozvytku pidpriemnytskykh form v Ukraini [Bioeconomics: the essence of the concept, strategy, state and prospects of business forms in Ukraine]. *The mechanism of economic regulation*, vol. 3, pp. 16-27. DOI: <https://doi.org/10.21272/mer.2019.85.02>.
11. The circular economy and the bioeconomy partners in sustainability: EEA Report № 8/2018. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-and-bioeconomy> (accessed 17 February 2022).
12. Kaletnik G. M., & Honcharuk I. V. (2020) Ekonomichni rozrakhunky potentsialu vyrobnytstva vidnovliuvalnoi bioenerhii u formuvanni enerhetychnoi nezalezhnosti ahropromysloвого kompleksu [Economic calculations of the potential of renewable bioenergy production in the formation of energy independence of the agro-industrial complex]. *Economics of agro-industrial complex*, vol. 9, pp. 6-16. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202009006>.
13. Perspektyvy rozvytku rynku biomasy v YeS i Ukraini. Vplyv vykorystannia biomasy za zminy klimatu [Prospects for the development of the biomass market in the EU and Ukraine. Impact of biomass use on climate change]. Available at: <https://uspp.ua/assets/doc/uspp-biomass.pdf> (accessed 21 March 2022).
14. Sydorchuk O. (2020) Dosvid Yevropy ta svitu zastosuvannia biohazovykh tekhnolohii [Experience of Europe and the world of biogas technologies application]. *AgroExpert: a practical guide for farmers*, vol. 1 (138), pp. 104-107.
15. Kaletnik G. M., & Hontaruk Ya. V. (2020) Dyferentsiatsiia rozvytku haluzei pererobnoi promyslovosti ahrarynoho sektoru Vinnytskoi oblasti [Differentiation of development of branches of processing industry of agrarian sector of Vinnytsia region]. *Economics, finance, management: topical issues of science and practical activity*, vol. 3 (53), pp. 7-23. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-3-1.
16. Tokarchuk D. M., Pryshliak N. V., Tokarchuk O. A., & Mazur K. V. (2020) Technical and economic aspects of biogas production at a small agricultural enterprise with modeling of the optimal distribution of energy resources for profits maximization. *INMATEH – Agricultural Engineering*, № 61 (2), pp. 339-349.
17. Honcharuk I.V., & Vovk V. Yu. (2021) Waste-free technology's for the production of biofuels from agricultural waste as a component of energy security of enterprises. *Development of scientific, technological and innovation space in Ukraine and EU countries: collective monograph*. Publishing House "Baltija Publishing", Riga, Latvia, pp. 142-165. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-37>.
18. Furman I. V., Ratushnyak N. O. (2021). Perspektyvy vyrobnytstva biopalyv v umovakh reformuvannya zemelnykh vidnosyn [Prospects for the production of biofuels in terms of reforming land relations]. *Economics, finance, management: topical issues of science and practical activity*, no. 3 (57), pp. 53-68. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2021-3-4>.