

Бізнес-моделі циркулярної економіки, спрямовані на переробку картопляних відходів

Циркулярна економіка є важливою опорою сталого виробництва та споживання. Особливо це стосується агрохарчової промисловості, яка характеризується великою кількістю органічних відходів і побічних продуктів, що створює серйозну проблему для багатьох виробників продуктів харчування [1]. Україна володіє розвинутим аграрним комплексом та є одним із лідерів із виробництва картоплі. Так, щороку урожай становить приблизно 21–22 млн тонн, з яких 7 млн тонн утилізується, тобто Україна втрачає не тільки сам урожай, а й безліч коштів та енергоресурсів [2]. Крім того, на картоплепереробних підприємствах накопичуються сотні тисяч тон картопляних очисток, які є потенційною сировиною для біопалива, добрива, крохмалю та годування худоби. Окрім економічних збитків, картопляні відходи, потрапляючи на сміттєзвалища, завдають шкоди навколишньому середовищу, утворюючи велику кількість метану, що підкреслює актуальність зазначеної проблеми, котра потребує вирішення.

В Європейському Союзі діє Директива Європейського Парламенту і Ради щодо поводження із сільськогосподарськими відходами. Оскільки Україна із 27.06.22 року набула статусу члена в кандидати ЄС, держава повинна виконати певні зобов'язання щодо прийняття технічних стандартів і нормативно-правових норм законодавчої бази відносно поводження із відходами та методів їх переробки [3]. Для вирішення цього питання Кабінетом міністрів України від 20 лютого 2019 р. № 117-р було розроблено Національний план управління відходами в рамках реалізації положень Національної стратегії управління сільськогосподарськими відходами, а 20 червня 2022 р. прийнято Закон України № 2207-1-д «Про управління відходами», в якому використано Європейські тенденції з урахуванням європейського законодавства, що позитивно вплине на переробку відходів. Однак, на нашу думку, основна причина відсутності якісних змін у вирішенні проблем утилізації органічних відходів в Україні полягає у тому, що головним інструментом її вирішення до сьогодні вважаються адміністративні методи, а не економічні. Тому є актуальним застосування бізнес-моделі циклічної економіки для ефективного управління органічними відходами та отримання прибутку.

Один із можливих способів прискорити перехід до більш сталої економіки, пов'язаний із впровадженням принципів циркулярної економіки на рівні компанії, вважають циркулярну економіку як регенеративну систему, в якій надходження ресурсів і відходи, викиди та втрати енергії зведені до мінімуму. Циркулярні агропродовольчі економіки здебільшого спрямовані на підвищення ефективності та можливості зміни поточних відносин виробництва та споживання шляхом розвитку, реструктуризації та поєднання біологічно зворотних циклів. Ці цикли включають каскадування та

перепрофілювання (наприклад, корм для худоби, добрива), а також перетворення органічної сировини (біоенергетика), які застосовуються в картопляному секторі. Велика кількість органічних відходів і побічних продуктів утворюється особливо на етапі переробки, що вимагає від виробників картоплі розробки індивідуальних циркулярних бізнес-моделей. Вони або покладаються на партнерство із зовнішніми учасниками, або передбачають створення зворотних циклів «всередині підприємства». Розробка та удосконалення циркулярних бізнес-моделей впливає зі зміни економічного підходу в оцінці картопляних відходів. Починаючи з 2000-х років почали приділяти увагу їх використанню, що було викликано політикою щодо відновлюваних джерел енергії, зміною практики годівлі у тваринництві та подальшим розвитком нової галузі біоекономіки (наприклад, органічні добрива, біопаливо). Це політичне та економічне середовище дало змогу переоцінити використання біомаси та органічних відходів. Тому багато фермерів і переробників картоплі вирішили переробити свої лінійні бізнес-моделі, включивши практики каскадування, перепрофілювання та/або конверсії сировини.

Існує щонайменше чотири бізнес-моделі циклічної економіки, які використовують виробники картоплі в Нижній Саксонії, Німеччина. Перша бізнес модель спирається на використання власної біогазової установки для внутрішньої біоконверсії побічних продуктів, при цьому вироблена енергія надходить як в енергетичний цикл компанії, так і в комунальну теплотрису муніципалітету. Надлишок біомаси використовується для зовнішнього виробництва біоенергії та годівлі худоби, тоді як отриманий крохмаль як інший побічний продукт поставляється компаніям, що спеціалізуються на його переробці. Друга бізнес-модель базується на валоризації побічних продуктів із залученням різних суб'єктів (виробники біоенергії, тваринники, виробники біоетанолу), тоді як енергетичний цикл замикається всередині підприємства за допомогою анаеробної водоочисної станції. Третя бізнес-модель спрямована на впровадження методів для повної переробки картопляних відходів всередині підприємства, а саме власних біогазових установок та свинарників для поглинання величезної кількості шкірки та залишків, які виникають під час процесу очистки. Надлишок енергії, вироблений на біогазових установках, може подаватися в місцеву теплотрису. Четверта бізнес-модель підходить для виробників картопляних чіпсів та оснований на продажу відпрацьованого масла для виробництва біопалива. Впровадження виробниками даних бізнес-моделей обумовлене оптимізацією використання ресурсів і матеріалів та одночасним зменшенням витрати, а не екологічними чи навіть соціальними проблемами. Тобто вони збільшують прибуток компанії, а тому можуть зацікавити виробників картоплі в Україні.

Методи переробки картопляних відходів на продукти з більшою доданою вартістю в рамках бізнес-моделі циркулярної економіки, а саме виробництво відновлюваних джерел енергії, біодобрива, ферментів та корму для тварин є перспективними напрямками сталого розвитку в Україні.

Картопляні відходи є перспективним джерелом відновлювальної енер-

гії. Так, в ході їх анаеробного зброджування в метантенках отримують біогаз (55–75 % метану, 24–45 % CO₂). Постійно розвиваються технології зброджування, що сприяє збільшенню виходу біогазу. Найпростіший метод передбачає використання неочищених відходів, але для збільшення ефективності метаногенезу спочатку видаляють бруд та сушать при температурі від 80° С до 100° С, далі висушені відходи подрібнюють у порошокоподібну форму для збільшення площі поверхні реакції. Такий підхід дає можливість отримати 476 мл біогазу/г сухого субстрату. Крім того, з картопляних відходів шляхом ферментативного гідролізу, етанового бродіння та відновлення розчинника виробляють біоетанол. Ще один тип палива, який отримують шляхом піролізу при 450° С, — біомасло. Піроліз — це термохімічний процес розкладання відходів за відсутності кисню, який показав потенціал у виробництві продуктів з доданою вартістю. Ще двома побічними продуктами піролізу є біовугілля та синтетичний газ [4].

Зменшити площу звалищ картопляних відходів можливе шляхом їх перенаправлення на корм тваринам. Очікується, що попит на корми для тварин зросте і вони подорожчають, тому використання відходів картоплі як корму може допомогти зменшити дефіцит. Завдяки цьому зменшиться забруднення навколишнього середовища, витрати на корми та утилізацію. Картопляні відходи використовують як корм для жуйних тварин, свиней, птиці і риб.

Картопляні відходи можна використовувати як субстрат для розвитку мікробів у твердофазному бродінні, що вигідно для виробництва ферментів. Використовують картопляні відходи як субстрат виробляють наступні ферменти: амілазу та протеазу, які здатні синтезувати *Bacillus subtilis*; фітази, яку виробляє *Aspergillus niger*; ацидофільної амілази та α -амілази (*Aspergillus niger* RBP7).

Картопляні відходи можна перетворити на біодобриво, щоб зменшити їх негативний вплив на навколишнє середовище, збільшити родючість ґрунту, мінімізувати потребу в синтетичних хімічних добривах і безпосередньо збільшити виробництво їжі. Використання хімічного гідролізу для створення біодобрива з дигестату та компосту, отриманих із відходів, є новим альтернативним методом. Спочатку з відходів отримують біоетанол, а потім дигестат, збагачений мікроорганізмами, використовують як біогній. Це призвело до нульового утворення відходів виробництва продукції з доданою вартістю.

В Україні є практики застосування бізнес-моделі циркулярної економіки серед виробників картоплі. Так, компанія з іноземними інвестиціями «Централ Плейнс Груп Україна» збудувала у містечку Глиняни на Львівщині завод із безвідходної переробки картоплі. У підприємство, яке переробляє 40–50 тис. тон картоплі у рік, інвестували близько 7 млн доларів США. Компанія планує розширити свою виробничу діяльність, зокрема, переробляти вирощену картоплю у крохмаль, білок, а з відходів виготовляти екоупаковку. Також ЧМП «Вимал», що є найбільшим виробником крохмалю картопляного та крохмалепродуктів в Україні, побудував на Чернігівщині завод із вторинної переробки картоплі. З відходів виробництва крохмалю

виробляють кормові та харчові протеїни і рідкі добрива. Це не тільки підняло технології на новий рівень, а й дозволяє отримувати продукти з дуже високою доданою вартістю. Завдяки цьому Чернігів та його околиці поступово перетворюються в високотехнологічний центр із переробки картоплі.

Встановлено, що бізнес-моделі циркулярної економіки мотивовані необхідністю якось впоратися з великою кількістю побічних продуктів картоплі в поєднанні з поступовою переоцінкою їх економічної цінності, а також ззовні керуються політичними стимулами та дискусіями про стале виробництво їжі. Їх впровадження здебільшого спирається на партнерства з різними суб'єктами агробізнесу (наприклад, тваринниками, виробниками біогазу, комбікормовими компаніями), або створенні власної структури для внутрішньої переробки відходів. Кількість картопляних відходів збільшується з кожним роком завдяки багатій на вуглеводи природі, їх можливо переробити на цінні продукти здебільшого через різні процеси бродіння з попереднім гідролізом, наприклад, біопродукти, такі як метан, водень, етанол, ферменти, біодобрива. Окрім бродіння, каталітичні та термохімічні процеси також дозволили виробляти такі продукти, як біомасла. Майбутній розвиток ферментативних процесів відбуватиметься завдяки використанню генетично модифікованих мікроорганізмів для оптимізації виробництва. Впровадження економічно вигідних циркулярних бізнес-моделей українськими виробниками картоплі дає можливість створити продукти з більшою доданою вартістю та сприятиме сталому розвитку в агротехнічному секторі України. Будівництво замкнутого циклу переробки картоплі в межах об'єднаної територіальної громади сприятиме зменшенню витрат на транспортування сировини, а також створенню робочих місць із залученням висококваліфікованих спеціалістів. Враховуючи децентралізацію і те, що 60% податків залишається в громаді, циркулярні бізнес-моделі сприятимуть розвитку сільської місцевості в Україні.

Список використаних джерел

1. Klein O. Circular agri-food economies: business models and practices in the potato industry // Sustainability science. — 2022. — Vol. 17. — P. 2237–2252. <http://dx.doi.org/10.1007/s11625-022-01106-1>
2. Власюк О. Українське картоплярство: проблеми та перспективи галузі. Mizez, 2020. <http://mizez.com/news/vrozhay/ukranske-kartoplyarstvo-problemi-ta-perspektivi-ga>
3. Корнієнко І. М., Ястремська Л. С., Кузнєцова О. О., Барановський М. М., Візер А. К. Біоконверсія органічних відходів — європейський досвід та українські практики // Технології та інжиніринг. — 2022. — № 3(8). — С. 37–51. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.3.4>
4. Khanal S., et al. Sustainable utilization and valorization of potato waste: the state of the art, challenges and prospects // Biomass Conversion and biorefinery, 2023. <http://link.springer.com/article/10.1007/s13399-023-04521-1#Sec9>



Co-funded by
the European Union

Фінансується Європейським Союзом. Однак висловлені думки та погляди належать лише авторам і не обов'язково передають погляди Європейського Союзу або Європейського виконавчого агентства з питань освіти та культури. Ні Європейський Союз, ні орган, що надає грант, не можуть нести за них відповідальність.