

І. Б. Яців, М. Г. Ступень, Н. І. Пилипів, Д. І. Шеленко

## **Стратегічні орієнтири розвитку біоенергетичного потенціалу сільськогосподарських підприємств під час переходу до циркулярної економіки**

*Узагальнюються і пропонуються стратегічні цілі та орієнтири розвитку біоенергетичного компонентів сільського господарства. В Україні щороку виробляється значна кількість біомаси, що не використовується ефективно. Замість того, щоб бути спрямованою на потреби енергетичного сектору, лівова частка відходів утилізується шляхом спалювання, що завдає значної шкоди екології загалом та економіці у тому числі. Досліджено, що потенціал біоенергетики багато в чому залежить від географічного поширення та доступності наявних відходів і побічних продуктів з одного боку, так і від загальних стратегічних орієнтирів розвитку сектору з іншого. Аналізуються стратегічні цілі розумного використання сільськогосподарських відходів для виробництва біоенергетики, що, безумовно, було б економічно вигідним і сприяло б сталому розвитку економіки держави. Також пропонуються стратегічні орієнтири, які сформульовані з точки зору вимог і обмежень циркулярної економіки.*

*Ключові слова: біоенергетика, сталий розвиток, циркулярна економіка, стратегічні цілі, біорафінування.*

**Постановка проблеми.** Зважаючи на обмежений обсяг природних ресурсів і тенденції до зростання чисельності населення, наявна лінійна модель економіки за принципом «взяти-зробити-використати-утилізувати» потребує переосмислення. Усе більшої актуальності набуває ідея, що лежить в основі циркулярної моделі економіки, згідно з якою товари сьогодення мають стати ресурсами завтра. Модель закритого циклу, у тому числі, включає і необхідність максимального зменшення відходів або раціональної їх переробки. За цих умов галузь сільського господарства має передусім, забезпечивши продовольчу безпеку, активізувати виробництво біомаси як відновлюваного джерела енергії, оскільки біоресурси та біомаса складають найвищу частку саме в сільському господарстві. Значна частина вторинних ресурсів використовується неефективно, що призводить до екологічних та економічних втрат. Тому питання переходу суб'єктів господарювання в аграрній сфері до безвідходного виробництва за рахунок переробки відходів і побічної продукції стає все більш актуальним.

Саме циркулярна економіка пропонує альтернативні рішення, які могли б використовувати інновації, сприяти економічному зростанню і, найголовніше, виробляти корисні ресурси для суспільства і навколишнього середовища [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Поняття циркулярної економіки є відносно новим у науковому вжитку. У науковій спільноті наразі немає єдиного чи бодай узгодженого підходу до розуміння цього концепту [2]. Одним з важливих аспектів є те, що саме поняття циркулярної економіки зародилось у межах наукових пошуків законотворців, політиків і захисників навколишнього середовища, а не в академічній спільноті, як відбувається зазвичай [3]. Основні складові поняття є принципи 3R: скорочення (Reduce), повторне використання (Reuse) та переробка (Recycle), також пропонується четвертий принцип – корпоративна соціальна відповідальність (Responsibility), що є обов'язковим під час формування глобальних циркулярних ланцюгів створення доданої вартості [4].

Біоенергетика як незворотна альтернатива використанню ресурсів займає особливе місце у дослідженнях перспектив циркулярної економіки. Близько 80% усієї енергії отримується з викопних палив і лише 20% з поновлюваних джерел енергії [5], серед яких важливе місце займає біоенергетика. У країнах, що розвиваються, біоенергетика використовується для приготування їжі та

опалення [6]. Близько 79% світової загальної конверсії біомаси в теплову енергію відбувається в країнах Азії та Африки [7].

Біомаса є основним елементом європейської стратегії біоекономіки, прийнятої у 2012 р. та повторно задекларованої у 2018 р. [8]. Сільське господарство є найбільшим сектором постачання біомаси в Європейському Союзі, його частка складає 65% [9]. Це пов'язано з тим, що результатом сільськогосподарської діяльності є значна кількість побічних продуктів і відходів. Проте відходи тільки частково переробляються на продукцію з доданою вартістю, тоді як основна частина не використовується, що спричиняє екологічні проблеми та впливає на глобальну стійкість сільського господарства. Головна причина полягає в тому, що це може бути економічно недоцільним через низькі ринкові ціни на продукцію, низьку якість і сезонність, високі транспортні витрати та вміст води [10]. Дослідники відзначають низку зовнішніх факторів, що впливають на біоенергетичний потенціал відходів сільськогосподарської продукції, серед них погодні умови [11], місце розташування і наявна екосистема [12] та властивості сировини [13].

Виробництво біоенергетики є головною глобальною ініціативою (і реальною альтернативою) щодо підвищення енергетичної безпеки при пом'якшенні кліматичних змін. Однак розвиток біоенергетики разом зі зростаючим попитом на їжу може призвести до харчово-паливної конкуренції за біопродуктивні землі [14]. Тому чимало науковців не підтримують стрімкого розвитку біоенергетичного напрямку, беручи до уваги потенційні проблеми, які можуть виникати в результаті обмеженого використання земельних ресурсів. Серед аргументів – загострення конкуренції за сировину, яка необхідна як для виробництва харчів, так і для виробництва палива; необхідність значних «стартових» витрат для переходу на біобазовані технології; відсутність необхідної інфраструктури та логістичні проблеми, що ведуть до великих витрат на транспортування, зберігання сировини тощо, і, таким чином, збільшується вартість на вихідний «біопродукт», роблячи його тим самим неконкурентоспроможним, порівняно з традиційними аналогами [15].

Загалом вітчизняні науковці відзначають, що використання біоенергетичних ресурсів не набуло широкого розповсюдження. Це можна пояснити відсутністю практики централізованої заготівлі біомаси; відсутністю технологічного забезпечення процесу виробництва паливних елементів з огляду на специфічність біомаси; відсутністю спеціалізованого обладнання у споживачів для спалювання відповідного типу палива; відсутністю біржі агропалив; відсутністю напрацьованих логістичних схем; а отже – рівнем розвитку галузі загалом [16]. Довгостроковий вплив біоенергетики, що забезпечує значну частку світового попиту на енергію, потребує більш глибокого аналізу з огляду на екологічні фактори і обмеження. Розробка ефективних стратегічних рішень та орієнтирів є важливим завданням для галузі, що і обумовлює актуальність дослідження.

**Метою статті** є загальний огляд і моделювання стратегічних цілей і орієнтирів розвитку сільськогосподарської галузі у сфері ефективного використання наявного біоенергетичного потенціалу, враховуючи екологічні обмеження та чинники, у контексті трансформаційних процесів переходу від лінійної до циркулярної моделі економіки.

**Основні результати дослідження.** Для подолання основних глобальних викликів, таких як забруднення, зміна клімату, енергетична та продовольча безпека, нерівність і бідність [17], сталий розвиток біоенергетичного напрямку має враховувати екологічний і соціальний впливи, а також економічну доцільність. Сучасна біоенергетична галузь спрямована на валоризацію біомаси (зокрема, сільськогосподарського походження), що є основним механізмом для реалізації принципів циркулярної економіки в аграрній галузі [18; 19].

Під час розроблення стратегії важливим є передбачення оптимальних шляхів транспортування сільськогосподарських відходів. У роботі [10] вивчається технічний потенціал і географічний розподіл сільськогосподарських залишків і побічної

продукції в Європейському Союзі. Географічна інформаційна система (ГІС) – це потужний інструмент, що аналізує великі обсяги просторових даних і широко застосовується для демонстрації картографічної інформації про ресурси біомаси, логістичні мережі, землекористування та потенційні промислові ділянки [20]. Отримана інформація може бути використана під час планування нових логістичних центрів переробки відходів, пошуку найбільш доцільного місця розташування.

Більшість світових досліджень у галузі біоенергетики оперують терміном «біорафінування» (англ. *biorefining*). За визначенням Міжнародного енергетичного агентства (IEA), біорафінування – це стала переробка біомаси у товарну продукцію на основі біологічної сировини та біоенергетику (паливо, енергія, тепло) [21]. Тут важливим моментом є саме сталість переробки. Якщо біопереробні підприємства будуть використовувати несталі методи, то довгостроковий успіх є малоімовірним. Тому їхня діяльність має бути окреслена, змодельована з точки зору екологічної, економічної та суспільної інтеграції і доцільності. Як добре відомо, зазвичай економічне зростання призводить до збільшення використання ресурсів, що може спричинити низку екологічних і соціальних проблем [22]. Пропонується шукати рішення в усуненні негативного зв'язку між економічними та екологічними механізмами [23], розробляючи нові уявлення про бізнес-моделі та стратегії в межах циркулярної економіки.

Сталий розвиток сільського господарства в умовах циркулярної економіки вимагає переосмислення наявних орієнтирів у напрямі економічного зростання, оскільки потенційні економічні показники можуть знецінитись збитками від неефективного використання природних ресурсів, шкоди навколишньому середовищу, деградації земель та ін. Розвиток біоенергетики має бути підкріплений державною підтримкою, але разом з тим важливою є і економічна конкуренція з іншими джерелами енергії. Пропонуємо такі стратегічні цілі використання біоенергетичного потенціалу (рис. 1):

- Екологічні: забезпечення сталості аграрного сектору, збереження біорізноманіття.
- Економіко-політичні: підвищення рівня енергетичної безпеки держави, збільшення рентабельності виробництва.
- Соціальні: підвищення якості життя населення, розвиток інфраструктури сільських територій.



Рис. 1. Стратегічні цілі розвитку біоенергетичного напрямку сільського господарства

\*Джерело: власна розробка авторів

– Технологічні: впровадження інноваційних технологій виробництва сільськогосподарської продукції та переробки її відходів.

На основі наведених цілей формуємо стратегічні орієнтири для розвитку сталого використання біомаси у сільському господарстві.

– *Використовувати біомасу, яка отримана лише з урахуванням принципу сталості.* Важливо дотримуватися стратегії відповідального використання земель, мінімізувати виснаження ґрунту, а також стежити за правильним розподілом сільськогосподарських культур [24]. Перехід від традиційних біопалив має передбачати мінімальні зміни у землекористуванні. Під ефективні культури мають бути виділені землі, які їм підходять якнайкраще, для того, щоб отримати максимальну кількість як корму, їжі, так і відходів. Також важливим є питання пріоритетності їжі над паливом, яке з'явилося в результаті росту світових цін на основні сільськогосподарські товари протягом 2007-2008 рр. і 2010-2011 рр., разом зі швидким зростанням використання біопалива на початку XXI ст. [25].

З принципу сталості впливає питання дотримання біорізноманіття. Як відомо, сільськогосподарське виробництво загалом має значний вплив на природу та довкілля [26]. Цей вплив може бути і негативним, як наприклад, коли землі, що мають значне біорізноманіття, використовуються для потреб сільського господарства. Водночас доцільно брати до уваги критерії, наведені в Директиві ЄС 2009/28/ЄС. Серед найбільш важливих для біоенергетики варто відзначити критерій щодо збереження родючості ґрунту (для цього проводиться аналіз балансу мас речовин у ґрунті внаслідок діяльності); критерій щодо заборони використання для вирощування сировини, призначеної для виготовлення біопалива, територій критичних для збереження біорізноманіття.

– *Сприяти використанню досліджень, розробок та інновацій на різних етапах.* Для оптимізації фінансових прибутків необхідна співпраця із зацікавленими сторонами на всіх етапах втілення моделі. Особливо актуальним є налагодження співпраці та партнерства з промисловістю і споживачами для поліпшення доступу на ринок продукції біологічного походження [27]. Розробка вітчизняної географічної інформаційної системи, про яку вже йшла мова, є першорядним завданням для науковців.

Для підприємців у сфері біоенергетики важливо мати тісні зв'язки з науково-дослідними інститутами, а також з виробниками та маркетологами, щоб забезпечити розвиток вузькоспеціалізованої продукції, безперервний потік постачання сировини та продаж кінцевої продукції. Причинами неуспішності багатьох біоенергетичних проектів є відсутність якісного та недорогого обладнання для використання і переробки біомаси. Спалювання біомаси в непридатних для цього котлах, які забруднюють навколишнє середовище, не відповідає сучасним вимогам сталого розвитку. Необхідним є стимулювання інновацій, використовуючи різні інструменти, у тому числі і фінансові. Основним стратегічним орієнтиром є державна підтримка досліджень, а саме виділення коштів на науково-технічні розробки та дослідження у сфері біоенергетики.

– *Дотримуватися принципів оптимального використання біоресурсів.* Перетворення малоцінних сільськогосподарських відходів і побічної продукції в товарну кінцеву продукцію потребує конкретних стратегій створення цінності, таких як піраміда цінності біомаси (анг. *biomass value cascading*). Піраміда цінності біомаси показує весь каскад продуктів з доданою вартістю, які можуть бути отримані з залишків і відходів сільськогосподарських культур (рис. 2).

На найнижчому рівні продукція, яка отримується шляхом спалювання біомаси та перегорення її в тепло і електрику. Продукція з більш високою цінністю може бути видобута з біомаси шляхом обробки грибковими ферментами. Каскадне використання біомаси відіграє важливу роль у розвитку циркулярної економіки.

– *Трансформація бізнес-моделей гравців на ринку біоенергетики.* Слід переосмислити спосіб пошуку та постачання сировини, вид партнерства, співпраці та відносини на різних етапах біоенергетичного ланцюга. Збір відходів і побічних продуктів є певною проблемою, оскільки передбачає значні витрати, пов'язані з логістикою, сезонністю та мінливістю. Тому важливим



Рис. 2. Піраміда цінності біомаси

\* Джерело: власна розробка авторів на основі [28]

є створення довгострокових партнерських відносин з місцевими фермерами та агропідприємствами. У циркулярних бізнес-моделях типові відносини клієнт-постачальник трансформуються. Обов'язки поділяються, наприклад, клієнт також несе відповідальність за якість продукції свого постачальника, оскільки його продукція частково використовується постачальником (концепція циркулярної економіки). У цьому контексті важливу роль також відіграє і місцева влада як повноправний учасник ринку біоенергетики, а також її стратегічні орієнтири [29]. Стратегічним завданням є розроблення механізму доплат з місцевого бюджету за використання біомаси відходів продукції рослинництва і тваринництва на енергетичні потреби.

**Висновки.** Для успішного впровадження циркулярної бізнес-моделі у сільськогосподарську галузь необхідно брати до уваги інтереси всіх учасників ринку, поклавши за основу принцип сталого розвитку. На етапі трансформації від лінійної до циркулярної економіки сільське господарське потребує зміни у наявних бізнес-моделях задля збільшення інноваційної складової, удосконалення логістичних процесів, розроблення стратегії реалізації наявного біоенергетичного потенціалу та сталого розвитку економіки загалом. Водночас слід розуміти, що очікувані від біоенергетичного сектору вигоди можливі лише в довгостроковій перспективі.

#### Список використаних джерел

1. Македон Г. М. Біоекономіка як основа сталого розвитку України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2013. №181(6). С. 159-166.
2. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resour. Conserv. Recycl.* 2017. 127. 221-232. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3037579>
3. Murray A., Skene K., Haynes K. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *J. Bus. Ethics.* 2015. 140 (3). 369-380. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
4. Зварич І. Циркулярна економіка і глобалізоване управління відходами. *Журнал європейської економіки*. 2017. Т. 16, № 1. С. 41-57
5. Devi L., Ptasinski K.J., Janssen F.J. A review of the primary measures for tar elimination in biomass gasification processes. *Biomass Bioenergy*. 2003. 24:125-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/S0961-9534%2802%2900102-2>

6. Lu L., Tang Y., Xie Jsui, Yuan Yliang. The role of marginal agricultural land-based mulberry planting in biomass energy production. *Renew Energy*. 2009. 34:1789-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.12.017>
7. WBA global bioenergy statistics 2017. WBA, 2017. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-232X\(80\)90063-4](https://doi.org/10.1016/0165-232X(80)90063-4)
8. European Commission, A Sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the Connection between Economy, society and the environment, 2018.
9. Camia A., Robert N., Jonsson R., Pilli R., García-Condado S., López-Lozano R., van der Velde M., et al. *Biomass production, supply, uses and flows in the European Union*. First results from an integrated assessment. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 21.02.2018. DOI: <https://doi.org/10.2760/539520>
10. Bedoić R., Čosić B., Duić N. Technical potential and geographic distribution of agricultural residues, co-products and by-products in the European Union. *Sci. Total Environ*. 2019. 686. 568-579. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.219>
11. Bentsen, N. S., Nilsson, D., Larsen, S. Agricultural residues for energy – a case study on the influence of resource availability, economy and policy on the use of straw for energy in Denmark and Sweden. *Biomass Bioenergy*. 2018. 108. 278-288. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.11.015>
12. Ooba M., Fujii M., Hayashi K. Geospatial distribution of ecosystem services and biomass energy potential in eastern Japan. *J. Clean. Prod*. 2016. 130. 35-44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.065>
13. Mikulandrić R., Vermeulen B., Nicolai B., Saeys W. Modelling of thermal processes during extrusion based densification of agricultural biomass residues. *Appl. Energy*. 2016. 84. 1316-1331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.067>
14. Johansson D. A., Azar C. A scenario based analysis of land competition between food and bioenergy production in the US. *Clim Change*. 2007. 82. 267-291. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9208-1>
15. Байдала В. В. Біоекономіка в Україні: сучасний стан та перспективи. *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки)*. 2013. № 1(3). С. 22-28.
16. Мельниченко В. В. Кластерне моделювання розвитку біоенергетичного потенціалу сільськогосподарських підприємств. *Економіка та держава*. 2018. №2. С. 124-128.
17. Zuin V. G., Ramin L. Z. Green and sustainable separation of natural products from agro-industrial waste: Challenges, potentialities, and perspectives on emerging approaches. *Top. Curr. Chem*. 2018. 376. 3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41061-017-0182-z>.
18. Bruins, M. E., Sanders, J. P. Small-scale processing of biomass for biorefinery. *Biofuels Bioprod. Biorefin*. 2012. 6 (2). 135-145. DOI: <https://doi.org/10.1002/bbb.1319>
19. Barakat A., de Vries H., Rouau X. Dry fractionation process as an important step in current and future lignocellulose biorefineries: a review. *Bioresour. Technol*. 2013. 134. 362-373. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.169>
20. Khoo H. H., Eufrasio-Espinosa R. M., Koh L. S. C., Sharratt P. N., Isoni V. Sustainability assessment of biorefinery production chains: A combined LCA-supply chain approach. *J. Clean. Prod*. 2019. 235. 1116-1137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.007>
21. Walsh P., Higson A. *Bio-based Chemicals: Value Added Products from Biorefineries*. IEA – Bioenergy. Task 42. Jan 2012. URL: [https://www.researchgate.net/publication/262048753\\_Bio-Based\\_Chemicals\\_Value\\_Added\\_Products\\_From\\_Biorefineries](https://www.researchgate.net/publication/262048753_Bio-Based_Chemicals_Value_Added_Products_From_Biorefineries)
22. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *J. Clean. Prod*. 2016. 114. 11–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
23. Sanyé-Mengual E., Secchi M., Corrado S., Beylot A., Sala S. Assessing the decoupling of economic growth from environmental impacts in the European Union: A consumption-based approach. *J. Clean. Prod*. 2019. 236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.010>
24. Breure A. M., Lijzen J. P. A., Maring L. Soil and land management in a circular economy. *Sci. Total Environ*. 2018. 624. 1125-1130. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.137>
25. Байдала В. Вплив біоекономіки на продовольчу безпеку України. *Agricultural and Resource Economics*. 2016. Vol. 2. No. 3. P. 48-59.
26. Hallström E., Carlsson-Kanyama A., Börjesson P. Environmental impact of dietary change: a systematic review. *J Clean Prod*. 2015. 91. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.008>
27. Mengal, P., Wubbolts, M., Zika, E., Ruiz, A., Brigitta, D., Pieniadz, A., Black, S. Biobased Industries Joint Undertaking: The catalyst for sustainable bio-based economic growth in Europe. *N. Biotechnol*. 2018. 40, 31-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.06.002>
28. Lange L., Bech L., Busk P. K., Grell M. N., Huang Y., Lange M., Tong X. The importance of fungi and of mycology for a global development of the bioeconomy. *Imafungus*. 2012. 3(1). 87-92. DOI: <https://doi.org/10.5598/imafungus.2012.03.01.09>
29. Yakubiv V., Boryshkevych I. Strategic analysis of the development of renewable energetics in the world and in Ukraine. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*, 2018. 1 (1). 18-25.

#### References

1. Makedon, H. M. (2013). Біоекономіка як основа сталого розвитку України [Bioeconomics as a basis for sustainable development of Ukraine]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy*. 181(6). 159-166. [in Ukrainian].

2. Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resour. Conserv. Recycl.*, 127, 221-232. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3037579>
3. Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2015). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *J. Bus. Ethics*, 140 (3), 369-380. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
4. Zvarych, I. (2017). Tsyrukulyarna ekonomika i hlobalizovane upravlinnya vidkhodamy [Circular Economy and Globalized Waste Management]. *Zhurnal yevropeys'koyi ekonomiky*, 16(1), 41-57. [in Ukrainian].
5. Devi, L., Ptasinski, K. J., & Janssen F. J. (2003). A review of the primary measures for tar elimination in biomass gasification processes. *Biomass Bioenergy*. 24:125-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/S0961-9534%2802%2900102-2>
6. Lu, L., Tang, Y., Xie, Jsui, Yuan, Yliang. (2009). The role of marginal agricultural land-based mulberry planting in biomass energy production. *Renew Energy*. 34:1789-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.12.017>
7. WBA global bioenergy statistics 2017 (2017). WBA. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-232X\(80\)90063-4](https://doi.org/10.1016/0165-232X(80)90063-4)
8. European Commission, A Sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the Connection between Economy, society and the environment (2018).
9. Camia, A., Robert, N., Jonsson, R., Pilli, R., García-Condado, S., López-Lozano, R., & van der Velde, M., et al. (2018, Feb 21). Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment. Publications Office of the European Union, Luxembourg. DOI: <https://doi.org/10.2760/539520>
10. Bedoić, R., Čosić, B., & Duić, N. (2019). Technical potential and geographic distribution of agricultural residues, co-products and by-products in the European Union. *Sci. Total Environ*, 686, 568-579. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.219>
11. Bentsen, N. S., Nilsson, D., & Larsen, S. (2018). Agricultural residues for energy – a case study on the influence of resource availability, economy and policy on the use of straw for energy in Denmark and Sweden. *Biomass Bioenergy*, 108, 278-288. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.11.015>
12. Ooba, M., Fujii, M., & Hayashi, K. (2016). Geospatial distribution of ecosystem services and biomass energy potential in eastern Japan. *J. Clean. Prod.*, 130, 35-44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.065>
13. Mikulandrić, R., Vermeulen, B., Nicolai, B., & Saeys, W. (2016). Modelling of thermal processes during extrusion based densification of agricultural biomass residues. *Appl. Energy*. 84. 1316-1331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.067>
14. Johansson, D. A., & Azar, C. (2007). A scenario based analysis of land competition between food and bioenergy production in the US. *Clim Change*. 82. 267-291. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9208-1>
15. Baydala, V. V. (2013). Bioekonomika v Ukraini: suchasnyy stan ta perspektyvy [Bioeconomics in Ukraine: current state and prospects]. In *Zbirnyk naukovykh prats' Tavriys'koho derzhavnogo ahrotekhnolohichnoho universytetu (ekonomichni nauky) [Proceedings of the Tauride Agrotechnological State University (Economic sciences)]*: Vol. 1(3) (pp. 22-28). [in Ukrainian].
16. Melnychenko, V. V. (2018). Klasterne modelyuvannya rozvytku bioenerhetychnoho potentsialu sil's'kohospodars'kykh pidpryyemstv [Cluster modeling of development of bioenergy potential of agricultural enterprises]. *Ekonomika ta derzhava – Economy and State*, 2, 124-128. [in Ukrainian].
17. Zuin, V. G., & Ramin, L. Z. (2018). Green and sustainable separation of natural products from agro-industrial waste: Challenges, potentialities, and perspectives on emerging approaches. *Top. Curr. Chem*, 376, 3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41061-017-0182-z>.
18. Bruins, M. E., & Sanders, J. P. (2012) Small-scale processing of biomass for biorefinery. *Biofuels Bioprod. Biorefin*, 6 (2), 135-145. DOI: <https://doi.org/10.1002/bbb.1319>
19. Barakat, A., de Vries, H., & Rouau, X. (2013). Dry fractionation process as an important step in current and future lignocellulose biorefineries: a review. *Bioresour. Technol*, 134, 362-373. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.169>
20. Khoo, H.H., Eufrasio-Espinosa, R.M., Koh, L.S.C., Sharratt, P.N., Isoni, V. (2019). Sustainability assessment of biorefinery production chains: A combined LCA-supply chain approach. *J. Clean. Prod.* 235, 1116-1137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.007>
21. Walsh, P., & Higson, A. (2012, Jan). *Bio-based Chemicals: Value Added Products from Biorefineries*. IEA – Bioenergy. Task 42. URL: [https://www.researchgate.net/publication/262048753\\_Bio-Based\\_Chemicals\\_Value\\_Added\\_Products\\_From\\_Biorefineries](https://www.researchgate.net/publication/262048753_Bio-Based_Chemicals_Value_Added_Products_From_Biorefineries)
22. Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *J. Clean. Prod.* 114, 11–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
23. Sanyé-Mengual, E., Secchi, M., Corrado, S., Beylot, A., & Sala, S. (2019). Assessing the decoupling of economic growth from environmental impacts in the European Union: A consumption-based approach. *J. Clean. Prod.* 236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.010>
24. Breure, A. M., Lijzen, J. P. A., & Maring, L. (2018). Soil and land management in a circular economy. *Sci. Total Environ*, 624, 1125-1130. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.137>
25. Baydala, V. (2016). Vplyv bioekonomiky na prodovol'chu bezpeku Ukrainy [Impact of bioeconomy on Ukraine's food security]. *Agricultural and Resource Economics*, 2(3), 48-59. [in Ukrainian].

26. Hallström, E., Carlsson-Kanyama, A., & Börjesson, P. (2015). Environmental impact of dietary change: a systematic review. *J Clean Prod*, 91, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.008>
27. Mengal, P., Wubbolts, M., Zika, E., Ruiz, A., Brigitta, D., Pieniadz, A., & Black, S. (2018). Biobased Industries Joint Undertaking: The catalyst for sustainable bio-based economic growth in Europe. *N. Biotechnol*, 40, 31-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.06.002>
28. Lange, L., Bech, L., Busk, P. K., Grell, M. N., Huang, Y., Lange, M., Tong, X. (2012). The importance of fungi and of mycology for a global development of the bioeconomy. *Imafungus*, 3(1), 87-92. DOI: <https://doi.org/10.5598/imafungus.2012.03.01.09>
29. Yakubiv, V., & Boryshkevych, I. (2018). Strategic analysis of the development of renewable energetics in the world and in Ukraine. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*, 1 (1), 18-25.

**Yatsiv I.B., Stupen M.H., Pylypiv N.I., Shelenko D.I. Strategic guidelines for the development of bioenergy potential of agricultural enterprises in the transition to a circular economy.**

*Given the limited volume of natural resources and the trend towards population growth, the existing linear model of take-use-recycling economy needs rethinking. The idea that underlies the circular model of the economy, according to which goods of today are to become resources of tomorrow, is becoming increasingly relevant. Under these conditions, the agricultural sector must, first of all, ensuring food security, intensify the production of biomass as a renewable source of energy, since bioresources and biomass make up the highest share in agriculture. The article summarizes and proposes the strategic goals and guidelines for the development of the bioenergy component of agriculture. In Ukraine, a significant amount of biomass is produced annually, which is not used efficiently. Instead of addressing the needs of the energy sector, the lion's share of waste is recovered through incineration, which in itself causes significant damage to the environment in general and the economy in particular. It has been researched that the potential of bioenergy largely depends on the geographical distribution and availability of existing waste and by-products on the one hand, and on the overall strategic orientations of the sector's development on the other. The article analyzes the strategic goals of the rational use of agricultural waste for bioenergy production, which would certainly be economically viable and contribute to the sustainable development of the state's economy. Strategic guidelines that are formulated in terms of the requirements and constraints of the circular economy are also offered. They are: 1) Use biomass that is obtained only on the basis of the principle of sustainability; 2) Promote the use of research, development and innovation at various stages; 3) Adhere to the principles of optimal use of bioresources; 4) Transformation of business models of players in the bioenergy market. Successful implementation of the circular business model in the agricultural sector must take into account the interests of all market participants, based on the principle of sustainable development. At the stage of transformation from a linear to a circular economy, the agricultural sector needs to change its existing business models in order to increase its innovation component, improve its logistics processes, develop a strategy for realizing its existing bioenergy potential and sustainable economic development in general. It should be understood that the benefits expected from the bioenergy sector are only possible in the long run.*

*Keywords: bioenergy, sustainable development, circular economy, strategic goals, biorefining.*

*Яців Ігор Богданович – доктор економічних наук, доцент, проректор з наукової роботи, в.о. професора кафедри статистики та аналізу Львівського національного аграрного університету (e-mail: igyatsiv@ukr.net, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2370-6351>).*

*Yatsiv Ihor Bohdanovych – Dr. Sci. (Econ.), Assoc. Prof., Vice-Rector for scientific work, Acting Professor of the Department of statistics and analysis of the Lviv National Agrarian University.*

*Ступень Михайло Григорович – доктор економічних наук, професор, декан земельного факультету Львівського національного аграрного університету (e-mail: galunagr@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7599-8261>).*

*Stupen Mykhaylo Hryhorovych – Dr. Sci. (Econ.), Prof., Dean of the Faculty of Land Management of the Lviv National Agrarian University.*

*Пиліпів Надія Іванівна – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та прикладної економіки ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» (e-mail: prylypiv@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9458-0218>).*

*Pylypiv Nadia Ivanivna – Dr. Sci. (Econ.), Prof., Head of the Department of Theoretical and Applied Economics of the Vasyl Stefanyk Precarpathian National University.*

*Шеленко Діана Іванівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри обліку і аудиту ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» (e-mail: diantsya@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9214-7258>).*

*Shelenko Diana Ivanivna – Ph.D. (Econ.), Associate Professor of the Department of Accounting and Auditing of the Vasyl Stefanyk Precarpathian National University.*

Надійшло 11.12.2019 р.