

<https://doi.org/10.36818/2071-4653-2019-6-10>

УДК 338:620.91:633

JEL Q42

І. І. Григорук

аспірант, викладач кафедри управління та бізнес-адміністрування ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», м. Івано-Франківськ
e-mail: ira.hryhoruk@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7945-9679>

ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПОХОДЖЕННЯ

Досліджено існуючі підходи до трактування потенціалу біоенергетичних ресурсів. Розглянуто найбільш поширені практики диференціації потенціалів закордонними й вітчизняними вченими та зазначено зростання ролі екологічних факторів. Наведено визначення теоретичного, технічного, енергетичного, економічного та сталого (екологічного) потенціалів. Запропоновано не виділяти сталий, або екологічний потенціал, оскільки доступна інформація для достовірного його обчислення в абсолютних чи відносних показниках відсутня. Водночас обмеження з позицій сталого розвитку слід враховувати на всіх етапах розрахунків. Встановлено, що на величину енергетичного потенціалу рослинних відходів впливають такі фактори, як конкуренція між використанням відходів в енергетичних цілях і на потреби тваринництва; можливість виснаження органічних поживних речовин у ґрунті через видалення залишку соломки з сільськогосподарських угідь. Розраховано низку коефіцієнтів, необхідних для оцінювання енергетичного потенціалу; з їх застосуванням визначено величину енергетичного потенціалу первинних і вторинних рослинних відходів.

Ключові слова: біоенергетика, енергетичний потенціал, сталий розвиток, біомаса, рослинні відходи.

Hryhoruk I. ASSESSMENT OF ENERGY POTENTIAL OF AGRICULTURAL RESIDUES

The paper deals with the existing approaches to the interpretation of the potential of bioenergy resources. The most widespread practices of differentiation of potentials by foreign and domestic scientists are considered and the increasing role of environmental factors is emphasized. The definition of theoretical, technical, energy, economic and sustainable potentials is given. The paper suggests not to allocate sustainable or environmental potential since there is no information available for accurate calculation in absolute or relative terms. But at the same time, the constraints from the viewpoint of sustainable development at all stages of the calculation have to be taken into account. Agricultural residues are divided into primary ones, that is, those that are generated directly during the harvest, and secondary – generated during the crop processing at the enterprises. The paper establishes that the magnitude of the energy potential is mainly influenced by factors such as competition between the use of residues for energy purposes and the needs of livestock; the possibility of depletion of organic nutrients in the soil by removing the residue of straw from farmland. Practice shows that unused residues in a large enough volume are often burned in fields, which is officially banned in Ukraine and is harmful to the environment and soil. Energy utilization ratios, waste coefficient for each crop type, coefficient of technical availability of waste, energy utilization factor and factor of conversion into conditional fuels are examined and based on them the energy potential of primary and secondary plant wastes are calculated. A significant part is the cereal straw, which remains largely unused, and the corn waste. Due to its energy potential, the magnitude of which exceeds the similar potential of the EU countries, and its accessibility, it has the potential to significantly influence the energy situation in the country.

Keywords: bioenergy, energy potential, sustainable development, biomass, agricultural residues.

Постановка проблеми. Розширення використання відновлюваних джерел енергії та розвиток біоенергетичного напрямку є стратегічними завданнями для побудови сучасної економіки. Статус аграрної держави та сприятливі кліматичні умови в Україні дають підстави розраховувати на великий потенціал біомаси для виробництва енергії. Проте темпи розвитку вітчизняної біоенергетики відстають від світових. У 2018 р. частка біомаси в загальному генеруванні первинної енергії в країні становила лише 3,42%. Щоб вийти на новий рівень розвитку галузі, необхідне всебічне вивчення наявних ресурсів, оцінювання їх потенціалу та можливостей раціонального використання. У аграрному секторі одним з основних джерел біомаси є відходи та побічні продукти рослинництва.

Аналіз останніх досліджень. Питаннями розвитку біоенергетики, оцінювання потенціалу ресурсів та

ефективності їх використання займається низка вітчизняних дослідників: Г. Гелетука, Т. Железна, Г. Калетник, В. Дубровін, І. Кириленко, Г. Черевко та ін. Оцінюванням потенціалу біомаси займалися різні установи, наукові школи та дослідники. Зокрема, фахівці Інституту відновлюваної енергетики НАН України, провівши комплексне дослідження потенціалу відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії, систематизували інформацію по кожному виду та кожній області у вигляді Атласу енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України [1]. Автори запропонували методіку оцінювання енергетичного потенціалу, виділяючи загальний, технічний і доцільно-економічний показники. Схожими принципами керуються і дослідники Біоенергетичної асоціації України [2].

У закордонних дослідженнях біоенергетичних ресурсів застосовують різні методики оцінювання. Три види потенціалів біомаси сільськогосподарського походження запропоновано у роботі [3]: теоретичний, екологічний та доступний. Теоретичний, технічний та економічний потенціал пропонується визначати австрійськими дослідниками [4]. Додатково до наведених потенціалів ще розглядається потенціал реалізації як частина економічного, що може бути застосований у певні часові періоди та за конкретних обставин, які включають економічні, соціальні та інституційні обмеження й правові стимули [5]. Останнім часом поширеним стає визначення так званого сталого або екологічного потенціалу біомаси, який бере до уваги всі можливі екологічні обмеження [6; 7]. Наприклад, у роботах [8; 9] виділяють п'ять типів потенціалів біомаси (теоретичний, технічний, екологічно стійкий, економічний та потенціал реалізації).

Відсутність методологічного консенсусу призводить до розбіжностей у результатах оцінювання обсягу біомаси, яка доступна для виробництва енергії. На думку деяких європейських дослідників, оскільки немає узгоджених стандартів і визначення понять «потенціал», то теоретичні потенціали залишаються єдиною загальною корисною базою для порівняння [8].

Методика визначення потенціалу біомаси є одним з найважливіших інструментів у дослідженні біоенергетики, оскільки вона значною мірою визначає оцінку перспективи того чи іншого джерела енергії. Проте, як бачимо, відсутні єдині підходи до визначення потенціалу відходів сільськогосподарського походження, зокрема рослинних.

Мета статті – розвинути методичні підходи до визначення потенціалів біомаси сільськогосподарського походження та оцінити енергетичний потенціал рослинної біомаси, що є важливою передумовою її ефективного використання.

Основні результати дослідження. Стійку динаміку розвитку у світі демонструє біоенергетика. У цьому напрямі працюють влада та бізнес, науковці, інвестори. Найважливіші передумови розвитку біоенергетичного потенціалу з використанням сільськогосподарської сировини полягають у такому:

- енергетична незалежність сектору та економіки держави загалом;
- вирішення екологічних проблем утилізації відходів з одночасним зменшенням викидів вуглекислого газу;
- розвиток внутрішньої конкуренції галузі та розширення ресурсної бази виробництва.

У контексті нашого дослідження, визначаючи потенціал біомаси, розглядаємо тільки частину біомаси – сільськогосподарські відходи як найбільш перспективне джерело енергії. Рослинна біомаса завдяки своєму енергетичному потенціалу та доступності в Україні має можливість суттєво вплинути на енергетичну ситуацію у державі.

Однак важливо визначитись із трактуваннями потенціалів біомаси. Ми пропонуємо такі визначення.

Теоретичний потенціал – загальний максимальний обсяг біомаси, яку теоретично можна вважати доступною для виробництва біоенергетики у фундаментальних біофізичних межах. Для сільськогосподарських відходів теоретичний потенціал біомаси дорівнює загальному обсягу залишків.

Технічний потенціал – частка теоретичного потенціалу, доступна за певних технічних умов із сучасними технологічними можливостями (наприклад, технології збирання врожаю, інфраструктура, технології обробки). Для сільськогосподарських відходів технічний потенціал обчислюється за допомогою коефіцієнта технічної доступності.

Енергетичний потенціал – це та кількість енергії, яку доцільно використовувати (споживати), водночас враховуючи економічні, екологічні, соціальні та інші фактори. Остаточні висновки роблять саме на базі енергетичного потенціалу. Якщо брати до уваги лише теоретичний чи технічний потенціал, то можна неправильно оцінити енергетичну та економічну ефективність використання біоенергетичних ресурсів.

Окремо визначають ще економічний (ринковий) потенціал – це частка енергетичного, який відповідає заданим економічним критеріям у певних умовах (наприклад, конкуренція з викопним паливом або прогнозовані ціни на традиційні види палива). Це залежить як від собівартості продукції, так і від ціни сировини для біопалива. Економічний (ринковий) потенціал може бути розрахований на мікрорівні, оскільки враховуються наявні потужності підприємства, обсяг виробництва, логістичні аспекти та ін.

Сталий або екологічний потенціал – це ті обмеження, що зумовлені екологічними принципами, основні з них: 1) безпечне виробництво продуктів харчування, кормів і біоматеріалів; 2) запобігання втраті біорізноманіття; 3) суттєве сприяння зменшенню викидів парникових газів; 4) мінімізування негативного впливу на ґрунт, воду та повітря [10].

Є вагомими труднощі щодо оцінювання сталого або екологічного потенціалу, оскільки доступної інформації для достовірного його обчислення в абсолютних чи відносних показниках немає. Але під час розрахунків обов'язково потрібно враховувати ці обмеження з позицій сталого розвитку. Сталий розвиток передбачає узгоджений економічний, соціальний розвиток і захист навколишнього середовища [11]. Що стосується біоенергетики, то це недопущення негативного впливу на навколишнє середовище, сприяння економічному розвитку регіону, створення додаткових робочих місць, збереження біологічного різноманіття тощо.

Схематично усі види потенціалів зображені на рис. 1.

Відходи рослинної біомаси поділяються на первинні, тобто ті, що утворюються безпосередньо під час збирання врожаю сільськогосподарських культур, і вторинні – генеруються під час оброблення врожаю на підприємствах (табл. 1).

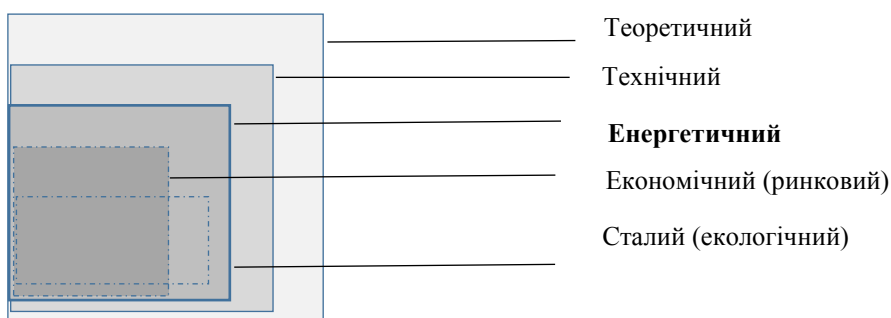


Рис. 1. Класифікація потенціалів біоенергетики

Джерело: власна розробка автора.

Таблиця 1

Класифікація відходів рослинної біомаси

Вид біомаси	Джерела
Первинні відходи рослинної біомаси	1. Солома зернових культур
	2. Солома ріпаку
	3. Відходи виробництва кукурудзи (стебла, стрижні)
	4. Відходи соняшника (стебла, кошики)
Вторинні відходи рослинної біомаси	1. Лущиння соняшника
	2. Жом цукрового буряка

Джерело: побудовано автором.

Основою для дослідження є статистичні дані щодо виробництва основних сільськогосподарських культур (табл. 2).

Таблиця 2

Обсяг виробництва рослинних культур у 2018 р.

Види сільськогосподарських культур	Обсяг виробництва, тис. т
Зернові та зернобобові, з них:	70 057
- пшениця	24 606
- кукурудза на зерно	35 801
- ячмінь	7349
- жито	394
- інші зернові	946
- зернобобові	954
Соняшник	14 165
Ріпак і кольза	2750,6
Соя	4460,8
Буряк цукровий фабричний	13 967,7

Джерело: розраховано за даними Державного управління статистики.

Для оцінювання енергетичного потенціалу первинних відходів сільського господарства використовуємо статистичні дані про валовий збір сільськогосподарських культур за 2018 р., ввівши формулу для розрахунку:

$$E_n = B * K_e * K_m * K_e * K_n$$

де:

E_n – енергетичний потенціал, тис. т умовного палива;

B – валовий збір певної сільськогосподарської культури, тис. т;

K_e – коефіцієнт відходів для кожного виду культур, розраховуємо на базі [2; 12; 13];

K_m – коефіцієнт технічної доступності відходів, який характеризує кількість соломи, котра може бути отримана за існуючої технології збирання сільськогосподарських культур, розраховуємо на базі [2];

K_e – коефіцієнт енергетичного використання, що вказує, яку частину відходів можливо використати для отримання енергії;

K_n – коефіцієнт перерахунку в умовне паливо, розраховуємо на базі [13].

Ситуація з наявністю надлишку соломи зернових культур, доступного для енергетичного застосування, дуже відрізняється для різних областей України і навіть районів однієї області. Відповідно, суттєво відрізняється і коефіцієнт енергетичного використання соломи. Цей коефіцієнт визначається головним чином, виходячи з потреб сільського господарства у соломі для тваринництва та добрива, що задовольняє критерії сталості.

За результатами дослідження бачимо, що утворюється значний надлишок соломи, який доцільно використати для енергетичних потреб в Україні, де коефіцієнт енергетичного використання для соломи пшениці, жита та ячменю приблизно дорівнює 0,5. Оскільки солома ріпаку, сої та стебла соняшнику не використовуються для підстилки тваринам і як добрива, вони можуть бути використані на енергетичні потреби у повному обсязі, тому для цих культур визначаємо коефіцієнт енергетичного використання 1,0. Для відходів кукурудзи на зерно – 0,7. Отримані дані корелюють зі світовою практикою. Так, у державах-членах Європейського Союзу на енергетичні потреби можна використовувати 25-50% соломи і залишків кукурудзи на зерно, 30-50% відходів виробництва соняшнику, а інша біомаса повинна залишатися на полях [14].

Таблиця 3

Енергетичний потенціал первинних рослинних відходів сільськогосподарської біомаси в Україні у 2018 р.

Види сільськогосподарських культур	Енергетичний потенціал, тис. т умовного палива
Пшениця	3775
Ячмінь	825
Жито	68
Інші зернові	100
Зернобобові	89
Кукурудза на зерно	10 718
Соняшник	8921
Ріпак і кольза	2080
Соя	1686
Всього	28 261,7

Джерело: розраховано автором.

З отриманих даних бачимо, що серед рослинних сільськогосподарських відходів найбільший

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОГО ПЕРІОДУ УКРАЇНИ

економічний потенціал мають відходи сояшнику (стебла, кошики, лушпиння) та кукурудзи на зерно (стебла, листя, стрижні початків). Солома зернових культур і солома ріпаку посідають третє та четверте місця відповідно. Водночас в Україні енергетичне застосування відходів кукурудзи ще не знайшло розповсюдження, крім деяких винятків (Черкаситеплокомуненерго у м. Черкаси, ТЕС у смт. Іванків Київської області). Основна причина недовіданості популярності цього виду відходів пов'язана з тим, що стебла кукурудзи через кліматичні особливості регіонів України погано просихають і потребують додаткових ресурсів на досушування. Крім того, у нас мало застосовують технологію тюкування стебел кукурудзи і практично відсутнє необхідне обладнання.

Г. А. Голуб [15] відзначає, що бадилля кукурудзи на зерно необхідно залишати в подрібненому вигляді на полях, а спалювати його в котлах у нинішніх умовах недоцільно. У дослідженні [16] відзначено, що певну частину відходів кукурудзи можна вико- ристовувати на енергетичні потреби. Найкращим рішенням тут може бути застосування так званої американської технології збирання кукурудзи, коли стебла спочатку залишають у полі, чекають, поки вони достатньо просохнуть, і вже тоді тюкують. Скориставшись таким методом збирання відходів кукурудзи, можна їх використати для виробництва гранул / брикетів або безпосередньо як паливо в котлах.

Схожа ситуація і з відходами сояшнику. Під час збору сояшнику стебла залишаються на полі, а вже пізніше подрібнюються та проорюються у ґрунт. Наразі немає прикладів застосування стебел сояшнику для енергетичних цілей. Використовується лише його лушпиння як вторинні рослинні відходи для виготовлення гранул / брикетів та як паливо для котлів, що працюють на олійноекстракційних заводах та інших підприємствах масложирової галузі. Тому як біопаливо первинні відходи сояшнику можна розглядати лише на перспективу.

Крім первинних відходів, важливу роль відіграють також вторинні рослинні відходи, які утворюються на підприємствах, що переробляють сільськогосподарські культури. Як правило, їх обсяг є меншим, ніж первинних. Практично всі такі відходи йдуть на виробництво «покращеного біопалива»: пелет і брикетів. На енергетичний потенціал вторинних відходів найбільше впливає обсяг продукції, що підлягає обробці, та величина відходів на одну тону культури. Основні вторинні відходи включають в себе насіння сояшника та жом цукрового буряка.

Сояшник є однією з основних сільськогосподарських культур в Україні, виробництво якого має тенденцію до зростання. Процес перероблення насіння сояшника на олію в сучасних умовах передбачає етап обрушення насіння, на якому й з'являється лушпиння. Для олійно-жирових комбінатів лушпиння є не лише відходом виробництва, а все більше стає елементом для додаткового прибутку.

Як і для первинних відходів сільського господарства, щоб розрахувати енергетичний потенціал використання лушпиння сояшнику, необхідно визначити коефіцієнт вторинних відходів, коефіцієнт технічної доступності та коефіцієнт

переведення в тони умовного палива. За інформацією асоціації «Укроліяпром», коефіцієнт вторинних відходів, який визначає кількість лушпиння, яку можна отримати з однієї тонни насіння сояшнику, становить 0,15. Коефіцієнт технічної доступності враховує частку насіння, яке переробляється на олійно-жирових комбінатах України. У багатьох дослідженнях ця частка визначається як 0,7. Проте, як зазначає Л. М. Благодир, враховуючи обмеженість сировинної бази, основна конкуренція на ринку переробників ведеться не за ринок збуту, а саме за ринок сировини [17]. Цей факт підтверджується даними статистики: якщо порівняти обсяг виробленого насіння сояшнику та надходження насіння сояшнику на підприємства, то остання величина є більшою, бо частину сировини було куплено. Через це вважаємо, що коефіцієнт доступності дорівнює 1,0. Також для лушпиння сояшнику енергетичний потенціал збігається з технічним, оскільки весь об'єм відходів доцільно використовувати для енергетичних цілей. Теплота згоряння лушпиння сояшнику – 16 МДж/кг [13], теплота згоряння умовного палива – 29,3 МДж/кг, тому коефіцієнт переведення тонн у тонни умовного палива для лушпиння сояшнику – 0,55.

Таблиця 4

Енергетичний потенціал лушпиння сояшнику у 2018 р.

Показники	Значення
Валовий збір сояшнику, тис. т	14 165
Обсяг відходів, тис. т	2125
Енергетичний потенціал, тис. т умовного палива	1168,6

Джерело: розраховано автором.

Жом є побічним продуктом виробництва цукру, який генерується на заводах. Більша частина жому не використовується. За розрахунками, переробивши одну тону буряків, можна отримати 800 кг сирого жому або 238 кг пресованого. Вихід біогазу (з вмістом метану 70%) з 1 т пресованого жому дорівнює 100 м³. Біогазові установки на базі цукрових заводів можуть забезпечити потреби самого заводу у електроенергії чи використовуватись для місцевих теплотрасс [18]. Теоретичний обсяг жому, який можна отримати після переробки становить у середньому 45% обсягу перероблених цукрових буряків. Технічний потенціал рівний обсягу утворення жому на цукрових заводах, а енергетичний потенціал – 50% технічного [2]. Перерахунок обсягу жому в умовне паливо здійснюється через об'єм біогазу, який може бути вироблений з жому (90 м³ біогазу / т жому). Отримані значення енергетичного потенціалу жому цукрових буряків представлені у табл. 5.

Таблиця 5

Енергетичний потенціал жому цукрових буряків в Україні у 2018 р.

Показники	Значення
Обсяг виробництва буряка цукрового, тис. т	13 968
Сира маса жому, тис. т	6286
Теоретичний потенціал, тис. т умовного палива	377
Енергетичний потенціал тис. т умовного палива	189

Джерело: розраховано автором.

Отже, загальний енергетичний потенціал вторинних рослинних відходів в Україні станом на 2018 р. оцінюється в 1,36 млн т умовного палива.

Висновки. Таким чином, універсалізація підходів до визначення потенціалу різних біоенергетичних ресурсів сприятиме його ефективному використанню. Перспективним вважаємо розроблення Методичних рекомендацій з визначення потенціалу, які брали б до уваги світову практику. Обов'язково при цьому слід враховувати обмеження, що накладаються поняттям сталості. Сталий підхід базується на забезпеченні оптимального поєднання розвитку аграрного сектору зі збереженням природних ресурсів.

Дослідження показало, що загальний вітчизняний енергетичний потенціал рослинних відходів сільськогосподарського походження становить 29 619,6 млн т умовного палива (з них 95% – первинні, 5% – вторинні). Вагому частину становить соломка зернових, яка здебільшого не використовується, та відходи виробництва кукурудзи.

З огляду на світовий досвід можна очікувати стрімкого розвитку біоенергетичної складової аграрного сектору вже найближчими роками. Подальші розвідки у цьому напрямі варто зосередити на оптимізації використання рослинних відходів для енергетичних цілей і відтворення потенціалу родючості ґрунтів.

Список використаних джерел

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / Державний комітет України з енергозбереження; Інститут електродинаміки НАН України. К., 2010. URL: http://www.intelcenter.com.ua/rus/library/atlas_alten_UA.htm
2. Гелетуша Г. Г., Железна Т. А., Жовмір М. М., Матвеев Ю. Б., Дроздова О. І. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Ч. 1. Відходи сільського господарства та деревна біомаса. *Промышленная теплотехника*. 2010. Т. 32, № 6. С. 58-65.
3. Daioglou V., Stehfest E., Wicke B., Faaij A., van Vuuren D. P. Projections of the availability and cost of residues from agriculture and forestry. *GCB Bioenergy*. 2016. Vol. 8. Pp. 456-470. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12285>
4. Fischer G., Schrattenholzer L. Global bioenergy potentials through 2050. *Biomass Bioenergy*. 2001. Vol. 20. Pp. 151-159. URL: [http://np-net.pbworks.com/f/IIASA+\(2001\)+Global+Bioenergy+Potential+to+2050,+Biomass+%26+Bioenergy.pdf](http://np-net.pbworks.com/f/IIASA+(2001)+Global+Bioenergy+Potential+to+2050,+Biomass+%26+Bioenergy.pdf)
5. Elbersen B., Forsell N., Leduc S., Staritsky I., Witzke P., Ramirez-Almeyda J. Existing Modeling Platforms for Biomass Supply in Europe. *Modeling and Optimization of Biomass Supply Chains – Top-Down and Bottom-Up Assessment for Agricultural, Forest and Waste Feedstock*. London: Academic Press, 2017. Pp. 25-54.
6. Bentsen N., Felby C. Biomass for energy in the European Union – a review of bioenergy resource assessments. *Biotechnology for Biofuels*. 2012. Vol. 25. URL: <https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/1754-6834-5-25>
7. Kluts I., Wicke B., Leemans R., Faaij A. Sustainability constraints in determining European bioenergy potential: A review of existing studies and steps forward. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 69. Pp. 719-734.
8. Batidzirai B., Smeets E., Faaij A. Harmonising bioenergy resource potentials – methodological lessons from review of state of the art bioenergy potential assessments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012. Vol. 16. Pp. 6598-6630. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.002>
9. Chum H., Faaij A., Moreira J., Berndes G., Dhamija P., Dong H., et al. Chapter 2: bioenergy. *IPCC special report renewable energy sources climate change mitigation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. Pp. 203-332.
10. Vis M., van den Berg D., Anttila P., Böttcher H., Dees M., Domac J., et al. *Harmonization of biomass resource assessments*. Vol. 1. Best Practices and Methods Handbook, 2010. DOI: <https://doi.org/10.13140/2.1.4643.8084>
11. Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development. 2002. *United Nations: Website*. URL: http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/WSSD_PlanImpl.pdf
12. Крайсвітній П. А., Палій М. В., Рій О. В. Оцінка енергетичного потенціалу соломи зернових та головні аспекти використання її у біоенергетиці. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: економічні науки*. 2012. Вип. 1(56). С. 193-200.
13. Дубровін В. О., Голуб Г. А., Драгнев С. В., Гелетуша Г. Г., Железна Т. А. та ін. *Методика узагальненої оцінки технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси*. Київ: ТОВ «Віолпринт», 2013. 25 с.
14. Гелетуша Г. Г., Железна Т. А. Світовий досвід використання відходів сільського господарства для виробництва енергії. *Екологія підприємства*. 2014. № 3. С. 56-69.
15. Голуб Г. А. Проблеми техніко-технологічного забезпечення енергетичної автономності агроєкосистем. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. 2011. Вип. 7. С. 59-66. URL: <http://repository.vsau.org/card.php?lang=&id=3543>
16. Климчук О. В., Скорук О. П. Перспективні напрямки вирощування кукурудзи для використання на енергетичні потреби. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Економічні науки*. 2011. Вип. 1(48). С. 67-73. URL: <http://econjournal.vsau.org/files/pdfa/263.pdf>
17. Благодир Л. М., Вигонюк Н. Г. Конкуренція в олійно-жировій галузі України: поведінковий і функціональний аспекти. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2015. № 6. С. 35-42.
18. Бондар В. С. Цукрові буряки, як відновлювальне джерело біоенергетики. *Біоенергетика*. 2013. № 1. С. 17-21.

References

1. *Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovlyuvanykh ta netradytsiynykh dzherel enerhiyi Ukrainy [Atlas of energy potential of renewable and unconventional energy sources of Ukraine]* (2010). Kyiv. Retrieved from http://www.intelcenter.com.ua/rus/library/atlas_alten_UA.htm [in Ukrainian].
2. Heletukha, H. H., Zhelyezna, T. A., Zhovmir, M. M., Matvyeyev, Yu. B., & Drozdova, O. I. (2010). Otsinka enerhetychnoho potentsialu biomasy v Ukraini. Ch. 1. Vidkhody sil's'koho hospodarstva ta derevna [Assessment of biomass energy potential in Ukraine. Part 1. Agricultural waste and wood]. In *Promyshlennaya teplotekhnika [Industrial heat engineering]*: Vol. 32(6) (pp. 58-65). [in Ukrainian].
3. Daioglou, V., Stehfest, E., Wicke, B., Faaij, A., & van Vuuren, D. P. (2016). Projections of the availability and cost of residues from agriculture and forestry. *GCB Bioenergy*, 8, 456-70. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12285>
4. Fischer, G., & Schrattenholzer, L. (2001). Global bioenergy potentials through 2050. *Biomass Bioenergy*, 20, 151-159. Retrieved from [http://npnet.pbworks.com/f/IIASA+\(2001\)+Global+Bioenergy+Potential+to+2050,+Biomass+%26+Bioenergy.pdf](http://npnet.pbworks.com/f/IIASA+(2001)+Global+Bioenergy+Potential+to+2050,+Biomass+%26+Bioenergy.pdf)
5. Elbersen, B., Forsell N., Leduc, S., Staritsky, I., Witzke, P., & Ramirez-Almeyda, J. (2017). Existing Modeling Platforms for Biomass Supply in Europe. In *Modeling and Optimization of Biomass Supply Chains – Top-Down and Bottom-Up Assessment for Agricultural, Forest and Waste Feedstock*. London: Academic Press (pp. 25-54).
6. Bentsen, N., & Felby, C. (2012). Biomass for energy in the European Union – a review of bioenergy resource assessments. *Biotechnol Biofuels*, 5. Retrieved from <https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/1754-6834-5-25>
7. Kluts, I., Wicke, B., Leemans, R., & Faaij, A. (2017). Sustainability constraints in determining European bioenergy potential: A review of existing studies and steps forward. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 719-734.
8. Batidzirai, B., Smeets, E., & Faaij, A. (2012). Harmonising bioenergy resource potentials – methodological lessons from review of state of the art bioenergy potential assessments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 6598-6630. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.002>
9. Chum, H., Faaij, A., Moreira, J., Berndes, G., Dhamija, P., & Dong, H., et al. (2011). Chapter 2: bioenergy. In *IPCC special report renewable energy sources climate change mitigation*. Cambridge: Cambridge University Press (pp. 203-332).
10. Vis, M., van den Berg, D., Anttila, P., Böttcher, H., Dees, M., & Domac, J., et al. (2010). *Harmonization of biomass resource assessments*. Vol. 1. Best Practices and Methods Handbook. DOI: <https://doi.org/10.13140/2.1.4643.8084>
11. Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development (2002). *United Nations: Website*. Retrieved from http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/WSSD_PlanImpl.pdf
12. Kraysvitniy, P. A., Paliy, M. V., & Riy O. V. (2012). Otsinka enerhetychnoho potentsialu solomy zernovykh ta holovni aspekty vykorystannya yiyi u bioenerhetytsi [Assessment of the energy potential of cereal straw and main aspects of its use in bioenergy]. In *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya: ekonomichni nauky [Proceedings of Vinnytsia National Agrarian University. Series: Economics]*: Vol. 1(56) (pp. 193-200). [in Ukrainian].
13. Dubrovin, V. O., Holub, H. A., Drahnyev, S. V., Heletukha, H. H., & Zhelezna, T. A. (2013). *Metodyka uzahal'nenoyi otsinky tekhnichno-dosyazhnoho enerhetychnoho potentsialu biomasy [Methods of generalized assessment of technically achievable biomass energy potential]*. Kyiv: Violprint Ltd. [in Ukrainian].
14. Heletukha, H. H., & Zhelyezna, T. A. (2014). Svitovyy dosvid vykorystannya vidkhodiv sil's'koho hospodarstva dlya vyrobnytstva enerhiyi [World experience in using agricultural waste for energy production]. *Ekolohiya pidpryyemstva – Enterprise ecology*, 3, 56-69. [in Ukrainian].
15. Holub, H. A. (2011). Problemy tekhniko-tekhnolohichnoho zabezpechennya enerhetychnoyi avtonomnosti ahroekosystem [Problems of technical and technological support of energy autonomy of agroecosystems]. In *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu Seriya: Tekhnichni nauky [Proceedings of Vinnytsia National Agrarian University. Series: Technical sciences]*: Vol. 7. (pp. 59-66). Retrieved from <http://repository.vsau.org/card.php?lang=&id=3543> [in Ukrainian].
16. Klymchuk, O. V., & Skoruk, O. P. (2011). Perspektyvni napryamky vyroshchuvannya kukurudzy dlya vykorystannya na enerhetychni potreby [Perspective directions for growing corn for energy use] In *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya: ekonomichni nauky [Proceedings of Vinnytsia National Agrarian University. Series: Economics]*: Vol. 1(48). (pp. 67-73). Retrieved from <http://econjournal.vsau.org/files/pdfa/263.pdf> [in Ukrainian].
17. Blahodyr, L. M., & Vyhonyuk, N. H. (2015). Konkurentsya v oliyno-zhyrovii haluzi Ukrainy: povedinkovy i funktsional'nyy aspekty. *Visnyk Vinnyts'koho politekhnichnoho instytutu – Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute*, 6, 35-42. [in Ukrainian].
18. Bondar, V. S. (2013). Tsukrovi buryaky, yak vidnovlyuval'ne dzherelo bioenerhetyky [Sugar beets as a renewable source of bioenergy]. *Bioenerhetyka – Bioenergy*, 1, 17-21. [in Ukrainian].

Надійшло 10.10.2019 р.