



**original article** | UDC 502.174.631.11.[620.925..58/59] (477.53) | doi: 10.31210/visnyk2021.04.18**POTENTIAL OF AGRICULTURAL WASTE BIOMASS FOR BIOENERGY PRODUCTION IN
POLTAVA REGION***A. O. Taranenko***Yu. A. Ts'ova**M. S. Sereda**L. Yu. Kuzenko**M. A. Solodovnik*ORCID  [0000-0002-1305-939X](https://orcid.org/0000-0002-1305-939X)ORCID  [0000-0002-2796-3830](https://orcid.org/0000-0002-2796-3830)ORCID  [0000-0002-2460-5966](https://orcid.org/0000-0002-2460-5966)

Poltava State Agrarian University, Skovorody Str. 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: anna.taranenko@pdaa.edu.ua

How to Cite

Taranenko, A. O., Ts'ova, Yu. A., Sereda, M. S., Kuzenko, L. Yu., & Solodovnik, M. A. (2021). Potential of agricultural waste biomass for bioenergy production in Poltava region. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (4), 142–153. doi: 10.31210/visnyk2021.04.18

Favorable climatic conditions, soil type and water resources have a positive impact on the development and location of agriculture in Ukraine. The structure of the agricultural sector in Ukraine consists of crop and livestock industries that are a powerful source of various types biomass for energy production. At the same time, the assessment of the bioenergy potential of agricultural biomass is relevant in the context of reforming the administrative-territorial distribution in Poltava region. In addition, it is the basis for the calculation and analysis of types, localization and required processing capacity of biomass. Assessment of the bioenergy potential of agricultural biomass provides an opportunity to economical assessment the chain that agricultural producers can potentially occupy in the energy market of Poltava region. Research in the field of renewable energy is actual on international level, especially in the context of the world's energy crisis. The conducted researches of bioenergy potential of agricultural biomass of Poltava region can become an economic basis for formation regional bioenergy sector at local level. The bioenergy potential of Poltava region was estimated by three indicators: bioenergy potential (MW/year), biogas productivity (million m³ /year), replacement of fossil fuels (thousand tons conditional fuel/year). Assessment of the bioenergy potential of crop production was performed by the following types of crops: cereal and legumes, sunflowers, vegetables. Assessment of the bioenergy potential of livestock was performed by the following types of waste: cattle, pigs and poultry. Thus, the total energy potential in Poltava region was about 8.28 thousand MW / year. The energy potential of crop waste was estimated at the level 7.56 thousand MW / year. The energy potential of livestock waste was 0.72 thousand MW/year. The total replacement of fossil fuels in Poltava region was 3.31 thousand tons conditional fuel/year. Index of replacement of fossil fuels by crop wastes was higher (3208 tons conditional fuel/year) than replacement of fossil fuels by livestock wastes (89 tons conditional fuel/year).

Key words: bioenergy potential, agricultural waste, biomass, alternative energy.

**ПОТЕНЦІАЛ БІОМАСИ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
БІОЕНЕРГЕТИКИ В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ***A. O. Тараненко, Ю. А. Цьова, М. С. Середя, Л. Ю. Кузенко, М. А. Солодовник*

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Сприятливі кліматичні умови, тип ґрунтів та водні ресурси мають позитивний вплив на розвиток і розміщення сільського господарства в Україні. Структура сектору сільського господарства в Україні

складається із рослинницької та тваринницької галузей що є потужним джерелом різних видів відходів та представляють собою біомасу, придатну для виробництва енергії. Разом з тим актуальним залишається оцінка біоенергетичного потенціалу сільськогосподарської біомаси Полтавської області у контексті реформування адміністративно-територіального розподілу. Крім того, це є підґрунтям для розрахунку та аналізу видів, локалізації та необхідних потужностей переробки біомаси. Оцінка біоенергетичного потенціалу сільськогосподарської біомаси дає можливість економічної оцінки ніші, яку сільськогосподарські виробники області можуть потенційно зайняти на ринку енергоресурсів. Дослідження у галузі відновлюваних джерел енергії мають світовий рівень, особливо в умовах енергетичної кризи. Проведені дослідження біоенергетичного потенціалу біомаси виконані в масштабі області, детальна оцінка потенціалу Полтавського регіону може стати економічним підґрунтям для формування регіонального сектору біоенергетики на локальному рівні. Біоенергетичний потенціал Полтавської області оцінювався за трьома показниками: біоенергетичний потенціал (МВт/рік), вихід біогазу (млн.м³/рік), заміщення органічного палива (тис. т. ум. п./рік). Оцінку біоенергетичного потенціалу рослинництва проводили за наступними видами культур: зернобобові, соняшник, овочеві культури. Оцінку біоенергетичного потенціалу тваринництва проводили за наступними видами відходів: ВРХ, свиней та птиці. Отже, загальний показник енергетичного потенціалу в Полтавській області склав близько 8,28 тис. МВт/рік. Енергетичний потенціал відходів рослинництва був розрахований в межах 7,56 тис. МВт/рік. Енергетичний потенціал відходів тваринництва склав 0,72 тис. МВт/рік. Загальний показник заміщення органічного палива у Полтавській області становив 3,31 тис. тон. у.п./рік. Заміщення органічного палива відходами рослинництва було більше (3208 тон. у.п./рік), ніж заміщення органічного палива відходами тваринництва (89 тон. у.п./рік).

Ключові слова: біоенергетичний потенціал, відходи сільського господарства, біомаса, альтернативна енергія.

Вступ

Біоенергетика є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору поновлюваних джерел енергії, з огляду на високу залежність від природного газу, і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. Розвиток біоенергетики у світі на пряму пов'язаний із глобальними екологічними проблемами, зокрема зі зміною клімату. Для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року Європейський Союз прогнозує збільшити мінімальну частку біоенергетики від всієї енергії до 25 %. Що дасть змогу зменшити кількість емісій у навколишнє середовище на 55 % [14] (рис. 1).

EU energy mix evolution 55 percent lower emissions in 2030 compared to 1990 and climate neutrality in 2050

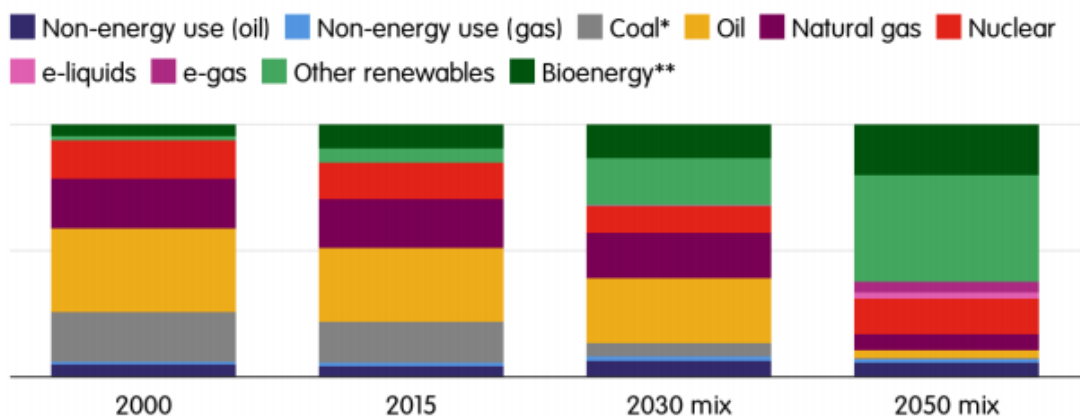


Рис. 1. Кількість емісій у навколишнє середовище від джерел виробництва енергії, 2000-2050 рр. Джерело: [14].

У контексті боротьби зі змінами клімату розвиток біоенергетики дозволяє не тільки зменшити кількість емісій у навколишнє середовище, але й утримати підвищення глобальної температури у межах 2 °С.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ЕКОЛОГІЯ

Станом на 2018 рік у світі відновлювана енергетика складає 14 % від загального виробництва енергії (рис. 2). Найбільше енергії виробляється використовуючи нафтопродукти (31 %), природне вугілля (27 %), природний газ (23 %) [14].

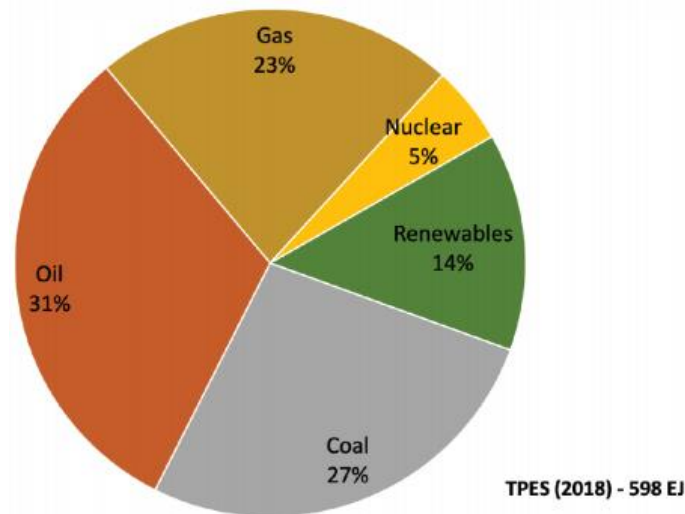


Рис. 2. Загальне виробництво енергії у світі, 2018 рр.
Джерело: [14].

На жаль, темпи розвитку біоенергетики в Україні до сих пір істотно відстають від європейських. На сьогоднішній день частка біомаси в загальному постачанні первинної енергії в країні становить лише 1,2 % [1], а у валовому кінцевому енергоспоживанні (за оцінкою авторів) – 1,78 %. Але Україна має значний потенціал та економічні передумови для виробництва відновлюваної енергії.

Серед основних джерел біоенергетики головне місце займає біомаса. Світова динаміка (2000–2018 рр.) використання відновлюваних джерел свідчить про збільшення частки використання біомаси для виробництва енергії [20]. Так, з 2000 року відсоток використання біомаси збільшився на 13,1 % (рис. 3).

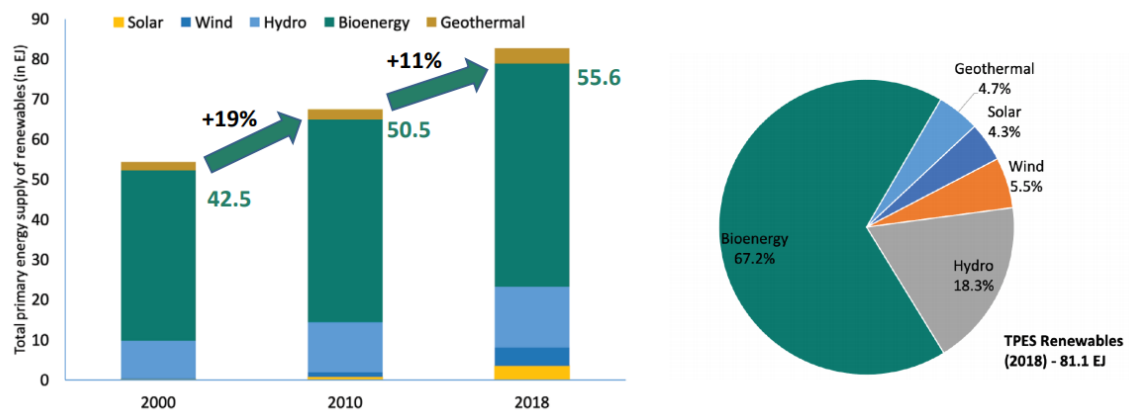


Рис.3. Розвиток біоенергетики у світі.
Джерело: [14].

Світовий сектор біоенергетики настільки різноманітний, що досі немає єдиної повноцінної класифікації щодо ресурсів, продуктів, технологій, життєвих циклів, тощо біомаси. Відповідно світової класифікації твердої біомаси *WBA* до основних джерел відносять деревину, енергетичні культури, сільськогосподарську біомасу та відходи [19].

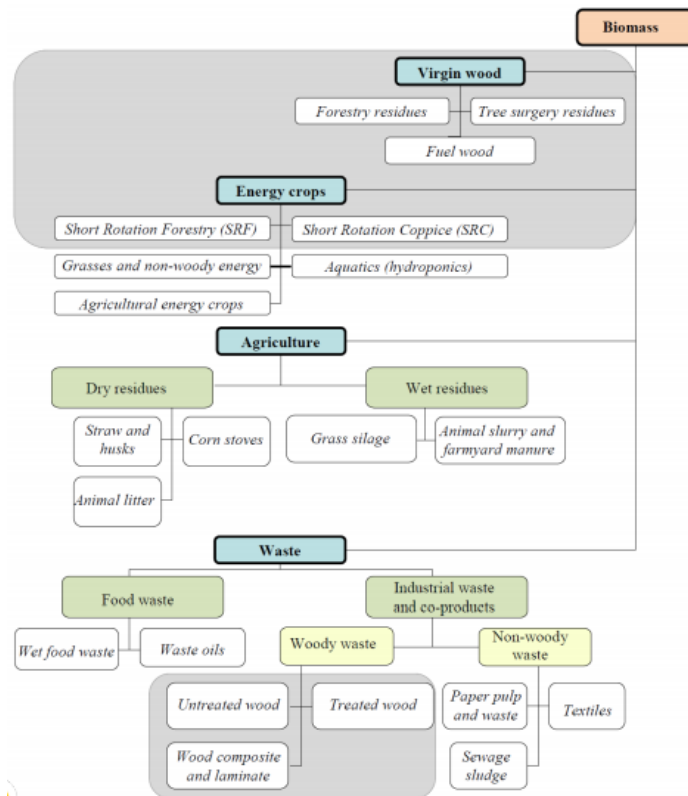
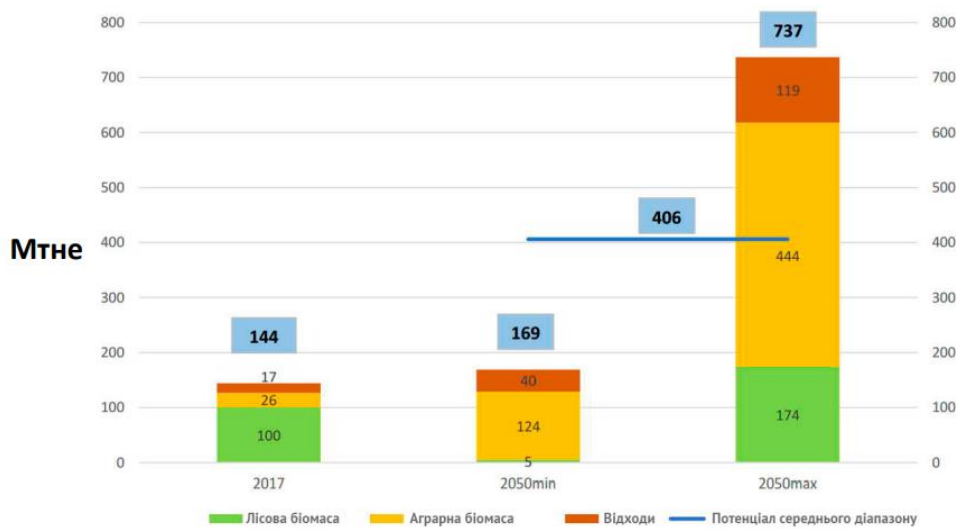


Рис. 4. Класифікація твердої біомаси WBA
Джерело: [15].

Як свідчить статистичний звіт Європейського агентства Bioenergy Europe [2] основним джерелом біомаси є сільськогосподарська біомаса, що до 2050 року складатиме 444 Мт (рис. 5).



Source: Bioenergy Europe, Faaij (2018), Securing sustainable resource availability of biomass for energy applications in Europe; review of recent literature.

Рис. 5. Статистична інформація по видам біомаси та прогноз до 2050 р.
Джерело: [16].

Основні складові потенціалу України у виробництві біоенергетики є первинні відходи сільського господарства (солома, кукурудза для виробництва кукурудзи та соняшник), промислове вирощування енергетичних культур, та переробка твердих побутових відходів [7, 8, 12].

Відповідно інформації Агентства з енергоефективності та енергозбереження України (2018), технічно досяжний біоенергетичний потенціал України становить 31 мільйони тон щорічно. Залежно від

урожайності сільськогосподарських культур цей потенціал коливається в межах 27–37 мільйонів тон паливного еквівалента на рік, що становить 13–18 % від споживання первинного палива в Україні [3].

Сприятливі кліматичні умови, тип ґрунтів та водні ресурси мають позитивний вплив на розвиток і розміщення сільського господарства в Україні. Структура сектору сільського господарства в Україні складається із рослинницької та тваринницької галузей що є потужним джерелом різних видів відходів та представляють собою біомасу, придатну для виробництва енергії. Основними видами біомаси є солома сільськогосподарських культур, відходи вирощування соняшника, кукурудзи та інші [3].

Необхідність використання біопалива у енергетичному виробництві України не передбачено Законом України «Про альтернативні види рідкого та газового палива» від 14 січня 2000 р. №1391-XIV [2]. Тому необхідно досліджувати потенціал сільськогосподарського ресурсу та можливості його використання в якості твердого біопалива [4].

Дослідженням потенціалу біомаси в Україні займалися Г. Г. Гелетуха, С. О. Кудря, О. М. Маслак, Н. М. Міщенко, В. М. Калініченко, І. Г. Кириленко, В. О. Дубровін, Є. І. Сухін, П. С. Вишнівський, В. І. Гавриш, Р. В. Зіновчук, Г. М. Калетник, М. В. Калінчик, О. Г. Шайко, О. М. Шпичак та ін [5].

Разом з тим актуальним залишається оцінка біоенергетичного потенціалу сільськогосподарської біомаси Полтавської області у контексті реформування адміністративно-територіального розподілу. Проведені дослідження біоенергетичного потенціалу біомаси виконані в масштабі області, детальна оцінка потенціалу Полтавського регіону може стати економічним підґрунтям для формування регіонального сектора біоенергетики на локальному рівні. Розрахунок біоенергетичного потенціалу наявної сільськогосподарської біомаси дає підґрунтя для розрахунку та аналізу видів, локалізації та необхідних потужностей для переробки рослинної біомаси. Це дає можливість економічної оцінки ніші, яку сільськогосподарські виробники області можуть потенційно зайняти на ринку енергоресурсів [6].

Крім того, важливою проблемою відходів сільського господарства є місця їх розміщення не вимогам та представляють постійну загрозу для людського здоров'я та навколишнього середовища. Інтенсивні темпи збільшення агровиробництва призводять до збільшення відходів, які забруднюють довкілля [8, 9, 17, 18].

Рослинництво щорічно продукує великий обсяг різних залишків та відходів. На сьогодні близько 39 % загальної посівної площі відведено під зернові культури. Площа посівів кукурудзи у порівнянні з 1990 роком збільшилися у 4 рази, відмічається тенденція росту площі посівів соняшнику. Зернова частина культур у процесі збирання урожаю відокремлюється від стеблової, а солома залишається у полі. Відходи можуть використовуватися повторно у сільському господарстві для різних потреб (підстилка, органічне добриво), а також утилізуватися (вивіз або спалювання), що не досить корисно для навколишнього середовища та здоров'я людини. Тому доцільніше було б використання відходів сільського господарства з метою отримання енергії. Оцінка потенціалу біомаси та біоенергетики стала світовим дослідженням у галузі відновлюваних джерел енергії, щоб отримати повне уявлення про розвиток біоенергетики, особливо в умовах енергетичної кризи.

Матеріали і методи досліджень

Площа Полтавської області складає 28,75 тис км², що дорівнює 4,8 % від площі держави. У своїй більшості Полтавська область розташована на західній частині Лівобережжя Лісостепу України. Північно-західна частина області примикає до річки Дніпро і частково заходить на Правобережжя. Південно-східні райони входять до складу Степної зони. Протяжність території області з півночі на південь складає 220 км, а з північного-заходу на південний схід – 270 км.

Клімат Полтавщини помірно-континентальний з нестійким зволоженням, холодною зимою та жарким, а іноді сухим літом. Континентальність клімату Полтавської області посилюється з заходу на схід (зональність), з півночі на південь підвищуються літні і зимові температури, зменшується кількість опадів і відносна вологість повітря. В залежності від вологозабезпеченості і ґрунтового покриву територія області умовно розділена на чотири ґрунтово-кліматичні зони: перша – західна Лісостепова, друга – східна Лісостепова, третя – південна перехідна і четверта – південно-західна.

Рельєф території являє собою слабохвилясту понижену рівнину. Характерним елементом рельєфу області являється басейн річки Дніпро і його притоки: Сули, Псла, Ворскли, Орелі. Тут проявляються водно-ерозійні процеси. Майже вся територія Полтавщини належить до класу рівнинних східно-

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ЕКОЛОГІЯ

європейських ландшафтів, сюди входять такі типи: лісостепові ландшафти (90 % території області), степові та заплавні низовинні ландшафти.

Загальна площа Полтавської області складає 2875,068 тис. га. З них сільськогосподарські землі складають 2223,198 тис. га (77,3 %), сільськогосподарські угіддя 2165,381 тис. га (75,31 %), з них орні землі становлять 1774,686 тис. га (61,7 %) від усієї території (82 % сільськогосподарських угідь). Орні землі представлені, в основному, родючими чорноземами та їх різновидами [13].

Біоенергетичний потенціал Полтавської області оцінювався за трьома показниками: біоенергетичний потенціал (МВт/рік), вихід біогазу (млн.м³/рік), заміщення органічного палива (тис. т. ум. п./рік). Основою для розрахунків стала статистична інформація наведена у [11] щодо посівних площ сільськогосподарських культур, кількості поголів'я тварин. Біоенергетичний потенціал Полтавської області оцінювали за відходами від рослинництва та тваринництва. Оцінку біоенергетичного потенціалу рослинництва проводили за наступними видами культур: зернобобові, соняшник, овочеві культури. Оцінку біоенергетичного потенціалу тваринництва проводили за наступними видами відходів: ВРХ, свиней та птиці.

Методика оцінки біоенергетичного потенціалу відходів рослинництва.

1. *Визначення біомаси відходів, кг/рік*

$$M_{\text{біом}} = M * K_{\text{відх}}, \text{ де} \quad (1)$$

M – маса вирощуваної культури;

$K_{\text{відх}}$ – коефіцієнт відходів.

2. *Визначення виходу біогазу, м³/кг*

$$V = M_{\text{біом}} * K_{\text{вих. біог}}, \text{ де} \quad (2)$$

$K_{\text{вих. біог}}$ – коефіцієнт виходу біогазу;

3. *Визначення кількості теплоти згорання біогазу, ккал/рік*

$$Q_{\text{згор}} = V * 5342 \quad (3)$$

4. *Визначення заміщення органічного палива, тон у.п./рік*

$$M_{\text{зам.орг.пал.}} = Q_{\text{згор}} * 10^{-9} * 0,143 \quad (4)$$

5. *Визначення енергетичного потенціалу, МВт/рік*

$$E = V * 1,8 * 10^{-6} \quad (5)$$

Методика оцінки біоенергетичного потенціалу відходів тваринництва.

1. *Визначення біомаси відходів, кг/рік*

$$M_{\text{біом}} = N * K_{\text{відх}}, \text{ де} \quad (6)$$

N – чисельність поголів'я, тис. голів;

$K_{\text{відх}}$ – коефіцієнт відходів.

2. *Визначення виходу біогазу, м³/кг*

$$V = M_{\text{біом}} * K_{\text{вих. біог}}, \text{ де} \quad (7)$$

$K_{\text{вих. біог}}$ – коефіцієнт виходу біогазу;

3. *Визначення кількості теплоти згорання біогазу, ккал/рік*

$$Q_{\text{згор}} = V * 5342 \quad (8)$$

4. *Визначення заміщення органічного палива, тон у.п./рік*

$$M_{\text{зам.орг.пал.}} = Q_{\text{згор}} * 10^{-9} * 0,143 \quad (9)$$

5. *Визначення енергетичного потенціалу, МВт/рік*

$$E = V * 8,11 * 10^{-3} \quad (10)$$

У дослідженні була проведена оцінка біоенергетичного потенціалу загальної території Полтавської області та районів Полтавської області згідно чинним адміністративно-територіальним устроєм 2019 року. Оскільки у роботі використана статистична інформація за 2019 рік.

Результати досліджень та їх обговорення

Карта залишається найбільш ефективним способом показу будь-яких явищ, характеристик, які постійно змінюються в просторі та часі. Тому інформація щодо біоенергетичного потенціалу на основі статистичних даних 2019 року зображена у вигляді карт.

1. Біоенергетичний потенціал зернобобових культур Полтавської області.

Детальна інформація за показниками біоенергетичного потенціалу зернобобових Полтавської області, виходу, біогазу та заміщення органічного палива зображені на рис. 6.

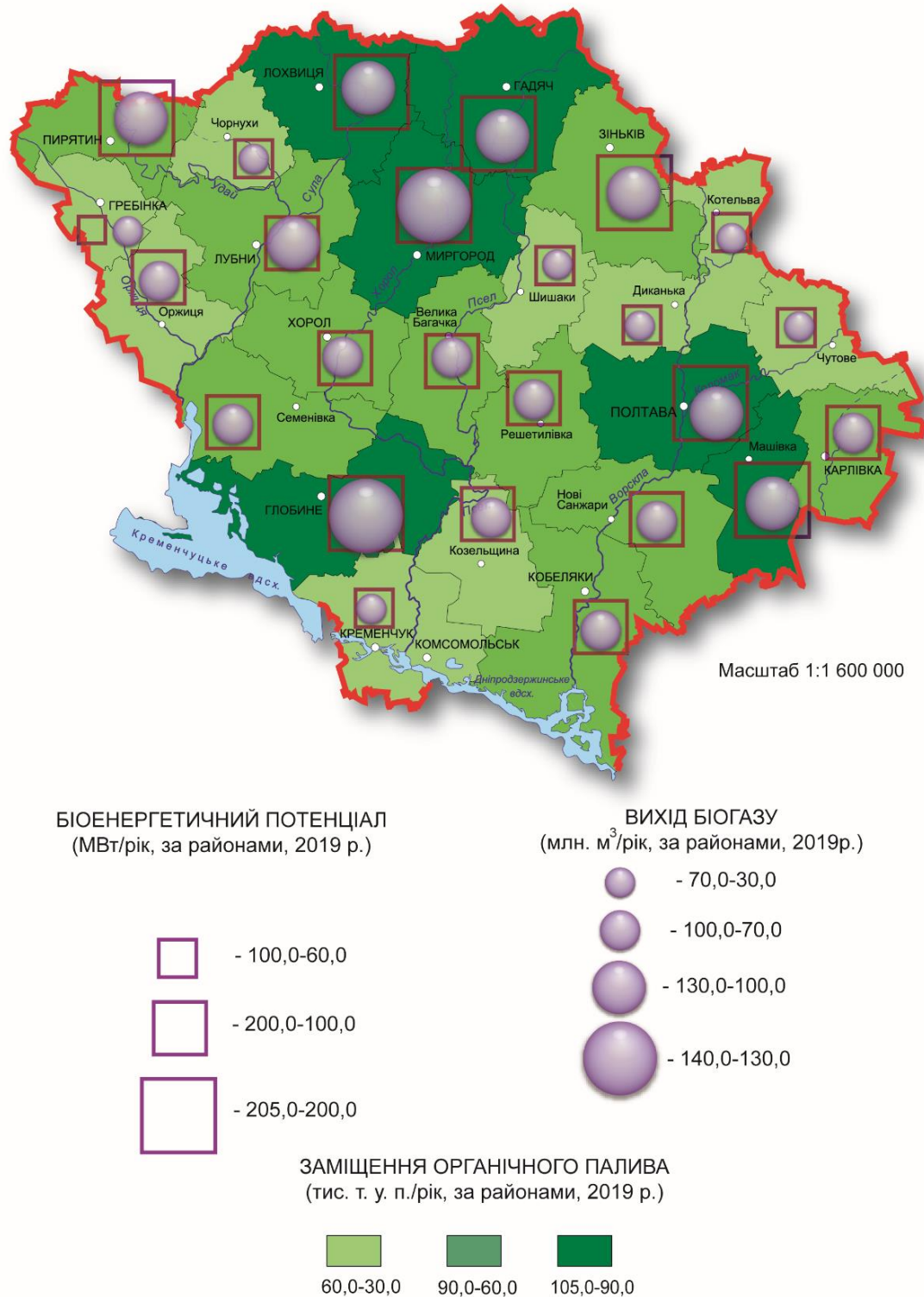


Рис. 6. Біоенергетичний потенціал зернобобових культур Полтавської області

Загальний показник заміщення органічного палива зернобобових культур Полтавської області склав 1708153 тис. тон. у п./рік. У розрізі районів він коливався від 30 тис. т. у п./рік (Шишацький район) до 103,65 тис. т. у п./рік (Глобинський район). Найбільший потенціал (90–103,65 тис. т. у п./рік) до заміщення органічного палива був розрахований у Глобинському, Полтавському, Гадяцькому, Миргородському та Лохвицькому районах. Середній потенціал (60–90 тис. т. у п./рік) до заміщення органічного палива відзначався у Зіньківському, Пирятинському, Лубенському, Хорольському, Семенівському, Великобагачанському, Решетилівському, Новосанжарському, Кобеляцькому, Карлівському районах. Найменший потенціал (30–60 тис. т. у п./рік) до заміщення органічного палива був розрахований для Гребінківському, Оржицькому, Чорнухинському, Козельщинському, Шишацькому, Диканському, Чутівському районах.

Загальний показник виходу біогазу для зернобобових у межах області склав 2236078000 млн.м³/рік. Високі показники виходу біогазу зернобобових коливались від 135 до 107 млн.м³/рік та спостерігалися у Глобинському, Миргородському, Гадяцькому, Лохвицькому, Полтавському, Машівському, Зіньківському, Пирятинському, Лубенському районах. Середній показник (99–72 млн.м³/рік) розраховали для Миргородського, Семенівського, Кобеляцького, Решетилівського, Хорольського, Карлівського, Великобагачанського, Козельщинського, Оржицького районів. Найнижчі показники варіювали в межах 62–39 млн.м³/рік для Гребінківського, Диканського та Чутівського.

Показник енергетичного потенціалу зернобобових Полтавської області був у межах 4024,9404 МВт/рік. Найвищі показники 244–204 МВт/рік спостерігали у Глобинському, Миргородському, Гадяцькому, Лохвицькому, Полтавському, Машівському, Зіньківському, Пирятинському районах, середні показники (193–112 МВт/рік) мають Лубенський, Новосанжарівський, Семенівський, Кобеляцький, Решетилівський, Хорольський, Карлівський, Великобагачанський, Козельщинський, Оржицький, Гребінківський райони. Найнижчий енергетичний потенціал за зернобобовими культурами (96–72 МВт/рік) у Диканському, Чутівському, Чорнухинському, Котелевському, Кременчуцькому, Шишацькому районах.

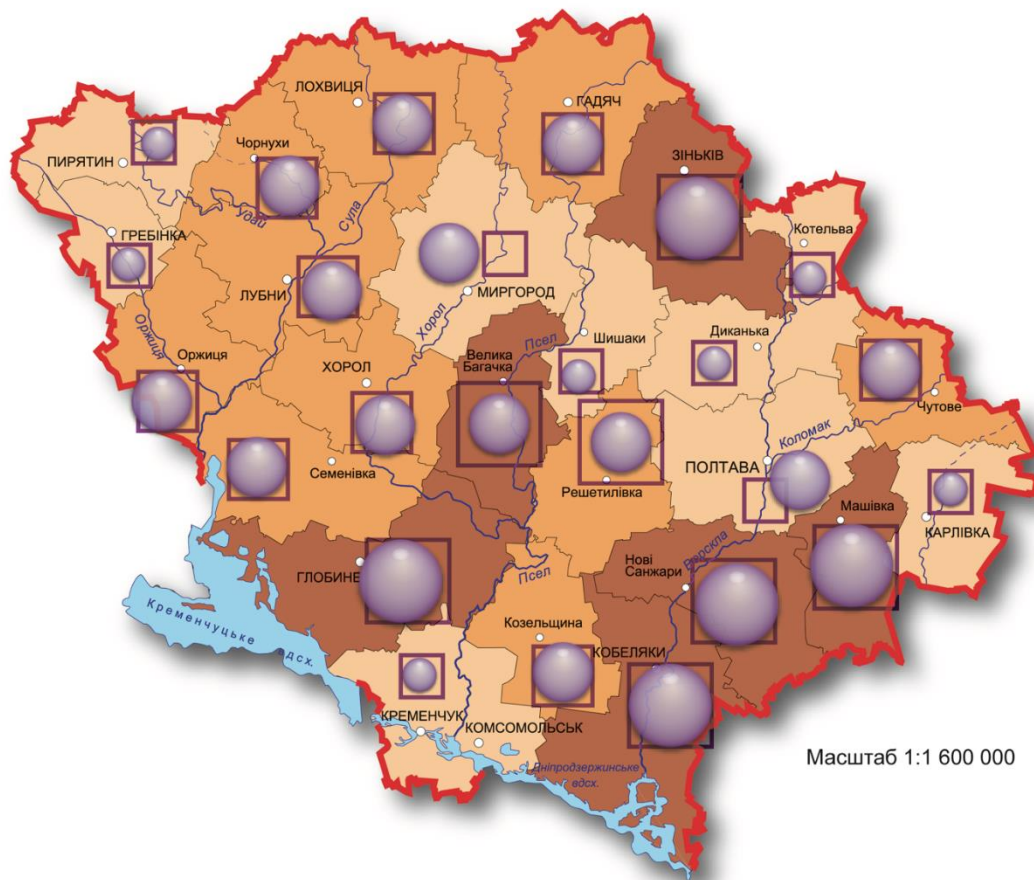
2. Біоенергетичний потенціал соняшнику Полтавської області.

Детальна інформація за показниками біоенергетичного потенціалу соняшнику Полтавської області, виходу, біогазу та заміщення органічного палива зображені на рис. 7.

Показник заміщення органічного палива для соняшника у межах області склав 5747628 тис. тон. у п./рік. Даний показник в межах районів коливався від 8 тис. тон. у п./рік. (Гребінківський район) до 40,5 тис. тон. у п./рік. (Глобинський район). Найбільший показник біоенергетичного потенціалу (45–30 тис. тон. у п./рік.) був у Глобинському, Кобеляцькому, Новосанжарському, Зіньківському, Великобагачанському та Машівському районах. Середній потенціал (30–20 тис. тон. у п./рік.) спостерігався у Решетилівському, Оржицькому, Гадяцькому, Семенівському, Чутівському, Чорнухинському, Козельщинському, Лохвицькому, Лубенському, Хорольському районах. Найменше значення біоенергетичного потенціалу (20–10 тис. тон. у п./рік.) розраховано для Миргородського, Полтавського, Карлівського, Кременчуцького, Пирятинського, Диканського, Шишацького, Котелевського, Гребінківського районів.

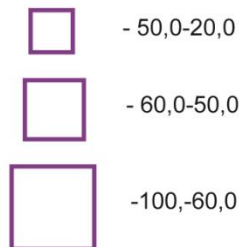
В межах Полтавської області обсяг виходу біогазу від відходів соняшнику склав 752400000 млн.м³/рік. Найнижчий показник коливався в межах 10–20 млн.м³/рік та переважав в таких районах: Гребінківський, Котелевський, Шишацький, Диканський, Пирятинський, Кременчуцький, Карлівський. Помірні показники виходу біогазу (25–45 млн.м³/рік) мають наступні райони: Полтавський, Миргородський, Чорнухинський, Козельщинський, Хорольський, Чутівський, Семенівський, Лубенський, Лохвицький, Гадяцький, Оржицький, Решетилівський та Великобагачанський. Найвищі показники спостерігалися у Кобеляцькому, Машівському, Зіньківському, Новосанжарському, Глобинському районах та складають 45–60 млн.м³/рік.

Загальний біоенергетичний потенціал від відходів соняшнику в Полтавській області склав 1354,32 МВт/рік. Високі показники біоенергетичного потенціалу (60–100 МВт/рік) спостерігалися у районах: Глобинський, Новосанжарський, Зіньківський, Машівський, Кобеляцький, Великобагачанський, Решетилівський. Середні значення показника (50–60 МВт/рік) були розраховані для Оржицького, Гадяцького, Лохвицького, Лубенського, Семенівського, Чутівського, Хорольського, Козельщинського, Чорнухинського районів.

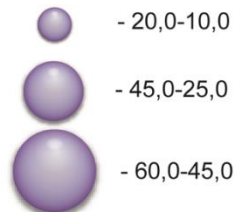


Масштаб 1:1 600 000

БІОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
(МВт/рік, за районами, 2019 р.)



ВИХІД БІОГАЗУ
(млн. м³/рік, за районами, 2019р.)



ЗАМІЩЕННЯ ОРГАНІЧНОГО ПАЛИВА
(тис. т. у. п./рік, за районами, 2019 р.)

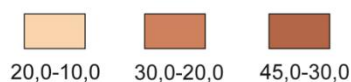


Рис. 7. Біоенергетичний потенціал соняшнику Полтавської області

Найнижчі значення біоенергетичний потенціалу соняшнику (20–50 тис. МВт/рік) визначено для Миргородського, Полтавського, Карлівського, Кременчуцького, Пирятинського, Диканського, Шишацького, Котелевського та Гребінківського районів.

3. Біоенергетичний потенціал овочевих культур Полтавської області.

Показник заміщення органічного палива відходами овочів у межах області склав 925,7 тис. тон. у п./рік. Високі значення показника (58–482 тис. тон. у п./рік) розраховані для Полтавського, Миргородського, Великобагачанського, Семенівського районів. Середні показники заміщення органічного палива (6–15 тис. тон. у п./рік) були у Хорольському, Котелевському, Пирятинському,

Лубенському районах. Найнижчі значення показника (0–6 тис. тон. у п./рік) розраховані для Решетилівського та Кобеляцького районах. За рештою районів Полтавської області вихідні статистичні відсутні.

У межах Полтавської області енергетичний потенціал овочів складав 2181,2 МВт/рік. Високі значення енергетичного потенціалу (137–1134 МВт/рік) розраховані для у Полтавського, Миргородського, Великобагачанського, Семенівського районів. Середні значення показника (16–36 МВт/рік) спостерігалися у Хорольському, Котелевському, Пирятинському, Лубенському районах. Найнижчі показники (6,5–7,8 МВт/рік) були для Решетилівського та Кобеляцького районів. За рештою районів Полтавської області вихідні статистичні відсутні.

Спільний показник виходу біогазу для відходів овочів у межах області склав 12111779250 млн.м³/рік та коливався в межах від 629970000 млн.м³/рік. (Полтавський район) до 3652000 млн.м³/рік (Кобеляцький район). Високі значення об'єму виходу біогазу (629970000–120972250 млн.м³/рік) були у Полтавському, Миргородському, Великобагачанському та Котелевському районах. Середні значення показника (76235500–10043000 млн.м³/рік) розраховані для Семенівського, Хорольського, Пирятинського районів. Найнижчі показники виходу біогазу (8673500–3652000 млн.м³/рік) спостерігалися у Лубенському, Решетилівському, Кобеляцькому районах. За рештою районів Полтавської області вихідні статистичні відсутні.

4. Біоенергетичний потенціал відходів великої рогатої худоби (ВРХ) Полтавської області

Детальна інформація за показниками біоенергетичного потенціалу великої рогатої худоби Полтавської області, виходу, біогазу та заміщення органічного палива зображені на рис. 3.

Спільний показник заміщення органічного палива для ВРХ Полтавської області склав 75,09 тис. тон. у п./рік. У розрізі районів цей показник коливався від 0,8 тис. тон. у п./рік. (Козельщинський район) до 12 тис. тон. у п./рік. (Шишацький район). Високий показник заміщення органічного палива (5–12 тис. тон. у п./рік.) спостерігали у таких районах як: Шишацький, Котелевський, Хорольський, Оржицький та Гадяцький. Середні значення показника (5–2 тис. тон. у п./рік.) були у Миргородському, Зіньківському, Великобагачанському, Глобинському, Лохвицькому, Полтавському, Гребінківському, Лубенському, Карлівському, Диканському районах. Найнижчі показники заміщення органічного палива для ВРХ (0,5–2 тис. тон. у п./рік.) мають Пирятинський, Кобеляцький, Кременчуцький, Решетилівський, Козельщинський райони.

Вихід біогазу ВРХ в межах районів складав 98303625 млн.м³/рік, в межах районів цей показник коливався від 1149750 млн.м³/рік (Козельщинський район) до 15685875 млн.м³/рік (Шишацький район). Високий показник виходу біогазу (10–20 млн.м³/рік) простежувався у таких районах як: Шишацький, Котелевський, Хорольський. Середній показник (3–10 млн.м³/рік) був у Оржицькому, Гадяцькому, Миргородському, Зіньківському, Великобагачанському, Глобинському, Лохвицькому, Полтавському, Гребінківському районах. Найнижчі показники виходу біогазу (1–3 млн.м³/рік) мали Лубенський, Карлівський, Диканський, Пирятинський, Кобеляцький, Кременчуцький та Решетилівський райони.

Біоенергетичний потенціал ВРХ в межах Полтавської області складав 0,6 МВт/рік, в межах районів варіювання показника склало від 0,007 МВт/рік (Козельщинський район) до 0,09 МВт/рік (Шишацький район). Високі показники біоенергетичного потенціалу (0,05–0,1 МВт/рік) спостерігали у таких районах: Шишацький, Котелевський, Хорольський, Оржицький. Середні значення показника (0,01–0,05 МВт/рік) мали наступні райони: Гадяцький, Миргородський, Зіньківський, Великобагачанський, Глобинський, Лохвицький, Полтавський, Гребінківський, Лубенський, Карлівський. Низькі показники біоенергетичного потенціалу ВРХ (0,007–0,07 МВт/рік) були розраховані для Диканського, Пирятинського, Кобеляцького, Решетилівського та Козельщинського.

5. Біоенергетичний потенціал відходів свиней Полтавської області

Загальний показник області біоенергетичного потенціалу відходів свиней по території Полтавської був незначним та дорівнював 0,067 МВт/рік у зв'язку з відсутністю статистичної інформації за більшістю районів області. Варіація показника була в межах (0,001–0,018 МВт/рік).

Вихід біогазу від відходів свиней в межах районів складав 10862400 млн.м³/рік. Варіювання показника біло в межах від 2956500 млн.м³/рік (Лубенський район) до 197100 млн.м³/рік (Зіньківський район). Високі значення показника (1182600–2956500 млн.м³/рік) простежувались у Лубенському, Полтавському, Карлівському, Великобагачанському, Лохвицькому районах. Середні значення виходу біогазу (503700–635100 млн.м³/рік) були у Хорольському, Миргородському та

Козельщинському районах. Найнижчі значення показника (284700–197100 млн.м³/рік) спостерігалися у Гадяцькому, Пирятинському, Зіньківському районах. За рештою районів Полтавської області вихідні статистичні відсутні.

Показник заміщення органічного палива відходами свиней в межах області варіював від 2,25 тис. тон. у п./рік (Лубенський район) до 0,15 тис. тон. у п./рік (Зіньківський район). Загальне значення становило 8,2 тис. тон. у п./рік. Високі значення показника (2,25–0,9 тис. тон. у п./рік) спостерігали у Лубенському, Полтавському, Карлівському, Великобагачанському, Лохвицькому районах. Середні значення заміщення органічного палива показники коливалися в межах 0,21–0,48 тис. тон. у п./рік та розраховані для Хорольського, Миргородського, Козельщинського та Гадяцького районів. Найнижчі значення показника (0,15–0,16 тис. тон. у п./рік) були у Пирятинському та Зіньківському районах. За рештою районів Полтавської області вихідні статистичні відсутні.

6. Біоенергетичний потенціал відходів птиці Полтавської області

Загальний біоенергетичного потенціал відходів птиці в межах області становив 0,046 МВт/рік. Показник заміщення органічного палива відходами птиці був розрахований на рівні 5,7 тис. тон. у п./рік. Загальне значення показника виходу біогазу від відходів птиці становило 7466969,25 млн.м³/рік.

Висновки

Отже, загальний показник енергетичного потенціалу в Полтавській області склав близько 8,28 тис. МВт/рік. Енергетичний потенціал відходів рослинництва був розрахований в межах 7,56 тис. МВт/рік. Енергетичний потенціал відходів тваринництва склав 0,72 тис. МВт/рік. Загальний показник заміщення органічного палива у Полтавській області становив 3,31 тис. тон. у п./рік. Заміщення органічного палива відходами рослинництва було більше (3208 тон. у п./рік), ніж заміщення органічного палива відходами тваринництва (89 тон. у п./рік).

References

1. Derzhavna Sluzhba Statystyky Ukrainy. Enerhetychnyi balans Ukrainy za 2019 rik. Retrieved from: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2012/energ/en_bal/arh_2012_e.htm [In Ukrainian].
2. Statistical Report - Bioenergy Europe. Retrieved from: <https://bioenergyeurope.org/statistical-report.html>
3. Kukharets, C. M., & Holub, H. A. (2012). Zabezpechennia enerhetychnoi avtonomnosti ahroekosystem na osnovi vyrobnytstva biopalyva. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekologichnoho Universytetu*, 30, 345–352. [In Ukrainian].
4. Heletukha, H. H., Zheliezna, T. A., Zhovmir, M. M., Matvieiev, Yu. B., & Drozdova, O. I. (2010). Otsinka enerhetychnoho potentsialu biomasy v Ukraini. Chastyna 1. Vidkhody silskoho hospodarstva ta derevna biomasa. *Promyslova Teplotekhnika*, 32 (6), 58–65. [In Ukrainian].
5. Pro alternatyvni vydy palyva: Zakon Ukrainy vid 14 sichnia 2000 r. 1391–14. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 2000, 12. [In Ukrainian].
6. Kalinichenko, A. V., Vakulenko, Yu. V., & Halych, O. A. (2014). Ekoloho-ekonomichni aspekty dotsilnosti vykorystannia produktsii roslynnytstva v alternatyvni enerhetytsi. *Ekonomika Pryrodokorystuvannia ta Okhorony Navkolyshnoho Seredovyscha*, 11 (167), 202–208 [In Ukrainian].
7. Taranenko, A. O., Kulyk, M. I., & Popov, S. I. (2020). Ahroekologichne obgruntuvannia vyroshchuvannia enerhetychnykh kultur. *Ekologichni innovatsii u pidvyshchenni ekonomichnoi ta prodovolchoi bezpeky Ukrainy: kolektyvna monohrafiia*. Poltava: PP «Astrai» [In Ukrainian].
8. Weiser, C., Zeller, V., Reinicke, F., Wagner, B., Majer, S., Vetter, A., & Thraen, D. (2014). Integrated assessment of sustainable cereal straw potential and different straw-based energy applications in Germany. *Applied Energy*, 114, 749–762. doi: 10.1016/j.apenergy.2013.07.016
9. Walsh, M. E., Perlack, R. L., Turhollow, A., de la Torre Ugarte, D., Becker, D. A., Graham, R. L., Slinsky, S. E., & Ray, D. E. (2000). *Biomass Feedstock Availability in the United States: 1999 State Level Analysis*. doi: 10.2172/1218318
10. Leistritz, F. L., Hodur, N. M., Senechal, D. M., Stowers, M. D., McCalla, D., Saffron, Ch. M. (2009). Use of agricultural residue feedstock in North Dakota biorefineries. *Journal of Agribusiness*, 27 (1/2), 17–32.
11. Statystychnyi shchorichnyk Poltavskoi oblasti za 2019 rik. Kyiv: Derzhstat [In Ukrainian].

12. Morozov, R. V., & Fedorchuk, Ye. M. (2015). Otsinka bioenerhetychnoho potentsialu roslynnykh vidkhodiv ta enerhetychnykh kultur u silskomu hospodarstvi. *Naukovyi Visnyk Khersonskoho Derzhavnoho Universytetu*, 10 (3), 111–117 [In Ukrainian].
13. Taranenko, A. O. (2014). *Stan zemelnykh resursiv. Dovkillia Poltavshchyny: monohrafiia*. Poltava, [In Ukrainian].
14. Global bioenergy statistics 2020. Retrieved from: <http://www.worldbioenergy.org/uploads/201210%20WBA%20GBS%202020.pdf>
15. Global Potential of Sustainable Biomass for Energy. Report. 2009. 29p. Retrieved from: http://www.worldbioenergy.org/uploads/WBA_Global%20Potential.pdf
16. Bioenergy Europe. Statistical report. 2021. Retrieved from: <https://bioenergyeurope.org/statistical-report.html>
17. Ericsson, K., & Nilsson, L. J. (2006). Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource focused approach. *Biomass and Bioenergy*, 30, 1–15.
18. Cleveland, C. J., Kaufmann, R., & Stern, S. I. (2000). Aggregation and the Role of Energy in the Economy. *Ecological Economics*, 32, 301–317.
19. Candolo, G., & Meriggi, P. (2006). Plant biomass, so much energy can be grown. *Informatore Agrario*, 62 (1), 30–34.
20. Rosch, C., & Skarka, J. (2008). European Biofuel Policy in a Global Context: Trade-Offs and Strategies. *GAIA-ecological Perspectives for Science and Society*, 17 (4), 378–386.

Стаття надійшла до редакції: 18.10.2021 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Тараненко А. О., Цьова Ю. А., Середя М. С., Кузенко Л. Ю., Солодовник М. А. Потенціал біомаси відходів сільського господарства для виробництва біоенергетики в Полтавській області. *Вісник ПДАА*. 2021. № 4. С. 142–153.

© Тараненко Анна Олексіївна, Цьова Юрій Андрійович, Середя Максим Сергійович,
Кузенко Людмила Юріївна, Солодовник Марина Андріївна, 2021