

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ВИКОРИСТАННЯ ПРОМІЖНИХ КУЛЬТУР ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОМЕТАНУ В УКРАЇНІ

Т. А. Железна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

С. В. Драгнєв, кандидат технічних наук, доцент

Інститут технічної теплофізики НАН України

E-mail: zhelyezna@uabio.org, dragnev@uabio.org

Анотація. Широке використання відновлюваних джерел енергії, зокрема біомаси, робить значний внесок у декарбонізацію енергетики і транспортного сектору. Нині одним з найбільш перспективних напрямків розвитку європейської і української біоенергетики є виробництво та споживання біометану. Біометан може застосовуватися як прямий замітник природного газу при виробництві теплової і електричної енергії, а також як моторне паливо. Пріоритетний розвиток напрямку виробництва біогазу/біометану зазначений у Європейському зеленому курсі, якому слідує ЄС з кінця 2019 року. Особлива увага приділяється питанням сталого розвитку біоенергетики, у тому числі використанню сталих видів сировини для отримання всіх видів біопалива. Через це в новій редакції Директиви ЄС з відновлюваної енергетики 2023 року (RED III) посилено вимоги до сталості виробництва рідких біопалив та біогазу для транспорту. Одним із сталих видів сировини для виробництва біометану може бути біомаса проміжних культур – рослин, які вирощуються в інтервалі часу, вільного від вирощування основних культур сівозміни.

Всі зазначені питання є актуальними для України як члена Енергетичного співтовариства і потенційного члена ЄС, який в перспективі приєднається до реалізації Європейського зеленого курсу.

Метою роботи є оцінка потенціалу виробництва біометану з проміжних культур в Україні та розробка попередніх рекомендацій для розвитку цього напрямку.

Оцінка потенціалу виконана із застосуванням консервативного підходу, описаного в дослідженні фахівців Гентського університету (Бельгія). При розробці попередніх рекомендацій для запровадження виробництва біометану з проміжних культур в Україні враховано підходи європейської моделі сталого розвитку сільського господарства *Biogasdoneright*.

Проаналізовано природно-кліматичні та ґрунтово-водні умови України з точки зору можливості і ефективності вирощування проміжних культур для потреб біоенергетики. Запропоновано деякі види сільськогосподарських культур для послідовного вирощування і можливе їх поєднання з іншими культурами сівозміни. Визначено напрямки подальших досліджень та науково-практичних робіт, необхідних для розвитку цього сектору біоенергетики в Україні.

Ключові слова: *проміжні культури, біоенергетика, біомаса, біогаз, біометан*

Актуальність. Відновлювана енергетика відіграє одну з ключових ролей у кліматичній політиці Європейського Союзу. Європейський зелений курс (ЄЗК), яким ЄС слідує з кінця 2019 р., ставить за мету досягти кліматичної нейтральності Європи до 2050 р. Розширення використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зокрема біомаси, робить значний внесок у досягнення амбітної мети ЄЗК. Одним з пріоритетів біоенергетики в рамках Європейського зеленого курсу визначено прискорений розвиток сектору біогазу з використанням сталої сировини, в тому числі впровадження пілотних проектів в сільських регіонах [1].

Амбітні цілі з розвитку ВДЕ відображені і в новій редакції Директиви ЄС з відновлюваної енергетики 2023 року (RED III). Директивою RED III ставиться за мету досягнення частки ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні ЄС щонайменше 42,5 % в 2030 р. Це у 1,3 рази більше, ніж попередня аналогічна ціль, зазначена у RED II. В Європейському Союзі приділяється значна увага питанню сталого розвитку. Отже, в Директиві RED III, серед іншого, посилено вимоги до сталості виробництва рідких біопалив та біогазу для транспорту [2].

Одним із перспективних видів сталої сировини, що має значний невикористаний потенціал в ЄС, вважають проміжні (покривні) культури, які вирощуються в інтервалі часу, вільного від вирощування основних культур сівозміни. У законодавстві ЄС зазначено, що якщо протягом одного врожайного року на одній площі послідовно вирощують кілька культур, то основною є культура, яка має найвищу вартість продукції. Якщо вартість продукції цього не визначає, то основною вважається та культура, яка займає землю найдовше.

В Україні проміжні і покривні культури традиційно вирощуються як сидерати для подальшого використання як органічне добриво. Однак, залучення біомаси таких культур у ланцюги виробництва біогазу/біометану з поверненням поживних речовин із дигестатом у ґрунт створює нові перспективи для розвитку сталої біоенергетики та рослинництва [3]. Використання проміжних/покривних культур для біоенергетики є новим напрямком для України. Для його успішного розвитку

необхідне проведення комплексного аналізу можливостей та передумов, а також розробка рекомендацій для практичного впровадження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Фахівцями Гентського університету (Бельгія) проведено оцінку потенціалу виробництва біометану з проміжних/покривних культур в Європі з урахуванням типу кліматичних зон різних регіонів [4]. Дослідження охоплює Європейський Союз за виключенням кількох країн з регіону північного типу клімату, а також Швейцарію, Албанію та балканські країни поза ЄС. Згідно отриманих результатів, потенціал виробництва біометану з проміжних/покривних культур в Європі становить від 46 млрд м³/рік (консервативний сценарій) до 185 млрд м³/рік (оптимістичний сценарій). Оцінка за консервативним сценарієм практично співпадає з результатами інших аналогічних досліджень, виконаних Європейською біогазовою асоціацією [5] та компанією ENGIE (Франція) [6].

У консервативному сценарії площу земель, що підходить для впровадження системи послідовного вирощування у різних кліматичних зонах Європи, оцінено як відсоток площі під певними ярими культурами. Для цілей розрахунку для всіх кліматичних зон було прийнято єдине консервативне значення – 20 % від загальної площі вирощування основних культур. У максимальному сценарії, який вважається оцінкою теоретичного потенціалу, цей показник складає 80 %.

У роботах [4, 7] проаналізовано модель сталого отримання продуктів харчування, кормів і біогазу – Biogasdoneright. Впровадження цієї моделі розвивається в Європі, і вона поступово набуває статусу всесвітньо визнаної системи сталого розвитку сільського господарства з інтегрованим виробництвом біогазу/біометану. В моделі Biogasdoneright основна культура вирощується на продукти харчування або корми, тоді як проміжна культура може використовуватися для виробництва біогазу/біометану. Відповідно, господарство, що працює за даною системою, може застосовувати дигестат з біогазової установки як органічне добриво замість додаткового придбання мінеральних добрив. Нині модель Biogasdoneright впроваджена на більш ніж 600 аграрних господарствах в Італії і Франції; інтенсивні пілотні дослідження проводяться в США.

Мета дослідження – оцінка потенціалу виробництва біометану з проміжних культур (покривних) в Україні та розробка попередніх рекомендацій для розвитку даного напрямку.

Матеріали та методи дослідження. Оцінка потенціалу виробництва біометану з проміжних (покривних) культур в Україні виконана із застосуванням консервативного підходу, описаного в дослідженні фахівців Гентського університету (Бельгія) [4]. Прийнято, що під вирощування проміжних культур можна відвести 20 % загальної посівної площі. У розрахунках використано середню річну врожайність проміжних культур – 5 т сухої речовини (с.р.) з гектару; вихід біогазу – 570 м³/т с.р. При розробці попередніх рекомендацій для розвитку напрямку виробництва біометану з проміжних культур в Україні враховано підходи моделі сталого розвитку сільського господарства Biogasdoneright [4, 7].

Результати досліджень та їх обговорення. Потенціал виробництва біометану з проміжних (покривних) культур в Україні оцінюється у 9,29 млрд м³ СН₄/рік (консервативний підхід). Цей обсяг є найбільшою складовою (47 %) загального потенціалу виробництва біометану з різних видів сировини в Україні. Іншими крупними складовими потенціалу є біометан з післяжнивних решток сільськогосподарських культур (4,37 млрд м³ СН₄/рік, 22 % від загального) та біометан з силосу кукурудзи як енергетичної рослини (3,00 млрд м³ СН₄/рік, 15 %) (табл. 1) [3].

Ефективне впровадження проміжних (покривних) культур в існуючі сівозміни вимагає ретельного аналізу природно-кліматичних і ґрунтово-водних умов для створення таких, які у поєднанні з іншими факторами росту забезпечать формування врожаю з високим вмістом цільових речовин для подальшої переробки у біогаз та біометан. Швидкість та повнота розпаду різних складових органічної речовини в процесі метанового бродіння суттєво відрізняються. Біомаса із високим вмістом цукру чи крохмалю швидше зброджується, ніж сировина, яка містить більше целюлози та геміцелюлози. Для виробництва біогазу рослина може і часто навіть повинна бути зібрана раніше, ніж наступить повна стиглість насіння.

1. Оцінка потенціалу виробництва біометану в Україні

Види сировини для виробництва біометану	Теоретичний потенціал виробництва, млрд м ³ СН ₄ /рік	Потенціал, доступний для енергетики (економічний)		
		Частка теоретичного потенціалу, %	млрд м ³ СН ₄ /рік	млн т н.е./рік
Відходи тваринницьких підприємств	1,04	80	0,83	0,71
Післяжнивні рештки сільськогосподарських культур	16,79	26	4,37	3,8
Побічна продукція харчової переробної промисловості	1,69	39	0,66	0,56
Тверді побутові відходи	0,70	75	0,53	0,45
Осад стічних вод (комунальні очисні споруди)	0,07	100	0,07	0,06
Енергетичні рослини (силос кукурудзи з 1 млн га)	3,00	100	3,00	2,57
Проміжні/покривні культури	9,29	100	9,29	7,96
Деревна біомаса, деревні/трав'яні енергетичні рослини*	9,51	10	0,95	0,82
Потенціал біометану, всього	42,10	47	19,70	16,93

* 10% теоретичного потенціалу деревної біомаси і деревних/трав'яних енергетичних рослин відведено для отримання біометану шляхом термохімічної газифікації біомаси.

З агрономічної точки зору важливо, щоб протягом вегетаційного періоду умови вирощування культури забезпечували наближення до фотосинтетично встановлених меж росту. У помірному кліматі можливості збирання декількох врожаїв за послідовного вирощування культур обмежуються періодом часу, коли рослини можуть ефективно використовувати активну енергію сонячної радіації.

В Україні внаслідок змін клімату сума активних температур, за даними Українського гідрометеорологічного центру, збільшилися в усіх агрокліматичних зонах, що продовжило період активної вегетації сільськогосподарських культур на 10 днів і більше. Це створює додаткові можливості для вирощування усіх видів теплолюбних рослин. При цьому практично всі посівні площі сільськогосподарських культур в Україні знаходяться в зоні ризикованого землеробства (території з природним дефіцитом опадів), де є постійний ризик втрати обсягів урожаю в надто посушливий рік або втрати якості врожаю в надмірно дощовий рік. Оподи є головним джерелом поновлення водних запасів і запасів

вологи в ґрунті. Територією України опади розподіляються нерівномірно; їх річна кількість зменшується із заходу і північного заходу на південь і південний схід. Тому на більшій частині території країни саме волога є основним фактором, що обмежує врожайності проміжних посівів, особливо літніх післяукісних (наприклад, після кукурудзи на зелений корм), післяжнивних і підсівних.

В Україні напрацьовано значний досвід вирощування проміжних культур для виробництва кормів, який можна використати і для вирощування сировини для отримання біогазу та біометану. Проміжні посіви використовують весною і восени на зелений корм, для заготівлі силосу, сінажу і сіна. Сіють озимі проміжні культури на зелений корм у такі самі строки, як і на зерно. Для післяжнивних і післяукісних посівів культури підбирають залежно від ґрунтово-кліматичних умов. Рослини повинні мати короткий вегетаційний період, бути маловимогливими до тепла, світла, вологи, стійкими проти ранніх приморозків. Перевага надається тим, що мають меншу норму висіву і низьку вартість насіння.

Для більш раціонального енергетичного використання проміжних і покривних культур необхідні науково обґрунтовані технології їх вирощування, збирання, зберігання, а також попередньої підготовки сировини до анаеробної ферментації. Крім того, важливим питанням є виконання цими культурами їх традиційних агротехнічних функцій – захист ґрунту від ерозії, покращення якості ґрунту та ін.

В Україні з 1990 до 2022 рр. у структурі посівів сільськогосподарських культур значно скоротилися частка площ під кормовими культурами – з 37 % до 6 %. При цьому відбулося стрімке зростання частки площ під технічними культурами – з 12 % до 35 %. Також зросли частки площ під зерновими та зернобобовими – з 45 % до 52 %. Слід відзначити, що найбільша частка площ під зерновими та зернобобовими становила 57 % у 2011 і 2013 рр., але потім почалося їх заміщення технічними культурами.

Нині можна виділити такі основні сільськогосподарські культури, які займають понад 4/5 посівних площ в Україні: пшениця озима, ячмінь озимий і ярий, кукурудза на зерно, соняшник, соя і ріпак. Саме у сівозмінах цих культур потенційно можна впровадити вирощування проміжних і покривних культур для потреб біоенергетики.

Для планування вирощування проміжних культур необхідно розуміти їх біологічну взаємодію з попередниками і послідовниками у сівозміні та вплив на родючість ґрунту. Крім того, важливо визначити проміжки часу, коли поля вільні від основних культур, але при цьому наявні сприятливі агрокліматичні умови для вегетації рослин. Такі умови виникають після озимих ріпаку, пшениці та ячменю, коли наступною основною культурою у сівозміні є ярі з можливістю пізнього посіву, наприклад, кукурудза на силос або на зерно.

Озиму пшеницю в Україні, в основному, сіють у вересні-жовтні і збирають у липні-серпні, а кукурудзу сіють у квітні-травні і збирають у вересні-листопаді. Тому, якщо кукурудза вирощується у сівозміні після озимої пшениці, наявна можливість впровадити післязнівні посіви проміжних культур, урожай яких може бути використаний для виробництва біогазу/біометану.

Аналогічний підхід можна застосувати для впровадження вирощування покривної культури після озимого ріпаку перед кукурудзою на зерно. Для умов України рекомендується розглянути такі ярі покривні культури: ярі зернові, кукурудза, сорго, вика, а також такі озимі покривні культури як зелене жито, тритикале, озима пшениця, озимий ячмінь.

Компанія KWS (Україна) пропонує для виробництва біогазу спеціальні гібриди озимого жита. Із зеленої маси гібридного жита можна отримати 4320 м³ біометану з гектару, що на 31 % менше, ніж з гектару кукурудзи на силос як енергетичної культури (табл. 2).

2. Порівняння показників виходу біогазу/біометану з кукурудзи на силос та гібридного жита за даними компанії KWS

Показники	Кукурудза на силос (як енергетична рослина)	Гібридне жито (як покривна культура)
Вихід зеленої маси (т/га)	60	35-40
Вміст сухої речовини, %	27-31	33-36
Вихід біогазу, м ³ /т (зелена маса)	200	200
Конверсія метану, %	53	54
Вихід метану, м ³ /т (зелена маса)	105	108
Вихід метану з площі, м ³ /га	6300	4320

Фахівцями НТЦ «Біомаса» було досліджено кілька зразків силосу жита компанії KWS за показниками вмісту сухої речовини, органічних речовин і виходу

біогазу [8]. Результати показали, що при збільшенні терміну вирощування кількість сухої речовини зростає, а зольність силосу знижується. З подовженням термінів збирання збільшується і вихід біометану на кілограм біомаси. За умови збирання рослини до виходу колоса, обсяг отриманого біометану становить до 350 л/кг сухої органічної речовини (СОР). При збиранні після цвітіння цей показник знижується до 300 л/кг СОР. Максимальний вихід біометану досягається під час збирання культури у фазі молочно-воскової стиглості – від 350 л/кг СОР. Такі показники є близькими до тих, що отримують для силосу кукурудзи.

Висновки і перспективи. Виробництво біометану як прямого замітника природного газу і як виду моторного палива є зараз одним з найбільш перспективних напрямків розвитку європейської і української біоенергетики. Важливим аспектом є вибір сталої сировини для отримання біометану. Такою сировиною може бути біомаса проміжних/покривних культур – рослин, які вирощуються в інтервалі часу, вільного від вирощування основних культур сівозміни.

Навіть за консервативного підходу, в Україні потенціал виробництва біометану з проміжних культур є найбільшою складовою загального потенціалу отримання біометану з різних видів сировини – 9,29 млрд м³ СН₄/рік, або 47 % загального потенціалу. Це свідчить про надзвичайно великі перспективи для розвитку цього напрямку. Іншою ґрунтовною передумовою є наявність в країні значного досвіду вирощування проміжних (покривних) культур для отримання кормів. Цей досвід можна використати при запровадженні вирощування проміжних (покривних) культур для потреб біоенергетики. При цьому необхідно враховувати основні підходи європейської моделі Biogasdoneright – системи сталого розвитку сільського господарства з інтегрованим виробництвом біогазу/біометану.

В Україні напрямок вирощування проміжних культур для потреб біоенергетики знаходиться тільки на початку свого розвитку. Для його успішного впровадження необхідне проведення низки комплексних досліджень. Такі дослідження мають включати підбір оптимальних видів культур і сівозмін за природно-кліматичними зонами країни, визначення науково обґрунтованих технологій вирощування,

збирання, зберігання цих культур, а також попередньої підготовки сировини до анаеробної ферментації. Інші необхідні роботи полягають у проведенні техніко-економічних обґрунтувань проєктів виробництва біометану з проміжних культур, розробці відповідних аналітичних матеріалів та посібників для працівників аграрного і енергетичного секторів.

Список використаних джерел

1. Железна Т. А. Європейський «зелений» курс і нові можливості для розвитку відновлюваної енергетики. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2021. Т. 43, № 1. с. 75-81. <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2021.9>
2. Анна Пастух. Директиви ЄС з відновлюваної енергетики (RED II та RED III). Основні положення. Презентація на тренінг-курсах з підвищення кваліфікації працівників у секторі біоенергетики 14.12.2023. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/12/4.-Pastuh-A.-V.-Dyrektyvy-YES-z-vidnovlyuvanoyi-energetyky-RED-II-ta-RED-III-osnovni-polozhennya.pdf>
(дата звернення: 23.04.2024).
3. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Кучерук П. П., Драгнев С. В. Аналіз перспективних напрямків використання енергетичного потенціалу біомаси України. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2023. Т. 45, № 2. С. 77-86. <https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2023.9>
4. Magnolo, F., Dekker, H., Decorte, M. et al. The Role of Sequential Cropping and Biogasdoneright™ in Enhancing the Sustainability of Agricultural Systems in Europe. *Agronomy*. 2021. N 11. <https://doi.org/10.3390/Agronomy11112102>
5. EBA Statistical Report 2023. URL: <https://www.europeanbiogas.eu/eba-statistical-report-2023/> (дата звернення: 24.04.2024)
6. Geographical analysis of biomethane potential and costs in Europe in 2050. ENGIE, 2021. URL: https://www.engie.com/sites/default/files/assets/documents/2021-07/ENGIE_20210618_Biogas_potential_and_costs_in_2050_report_1.pdf
(дата звернення: 24.04.2024)
7. Biogasdoneright™. Anaerobic digestion and soil carbon sequestration. URL: <https://www.consorziobiogas.it/wp-content/uploads/2017/05/Biogasdoneright-No-VEC-Web.pdf> (дата звернення: 24.04.2024)
8. Сухина А. Злакові силоси – перспектива для виробництва біогазу. Пропозиція, 2022. URL: <https://propozitsiya.com/ua/zlakovi-sylosy-perspektyva-dlya-vyrobnyctva-biogazu> (дата звернення: 24.04.2024)

References

1. Zheliezna, T.A. (2021). Yevropeyskyi «zelenyi» kurs i novi mozhlyvosti dlia rozvytku vidnovliuvanoi enerhetyky [European Green Deal and new opportunities for the development of renewable energy]. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, 43 (1), 75-81. <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2021.9>

2. Pastukh, Anna (2023). Dyrektyvy YeS z vidnovliuvanoi enerhetyky (RED II ta RED III). Osnovni polozhennia [EU Directives on renewable energy (RED II and RED III). Substantive provisions]. Presentation at training courses for improving the qualifications of workers in the bioenergy sector 14.12.2023. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/12/4.-Pastuh-A.-V.-Dyrektyvy-YES-z-vidnovlyuvanoyi-energetyky-RED-II-ta-RED-III-osnovni-polozhennya.pdf>
3. Geletukha, G., Zheliezna, T., Kucheruk, P., & Drahnev, S. (2023). Analiz perspektyvnykh napriamkiv vykorystannia enerhetychnoho potentsialu biomasy Ukrainy [Analysis of prospective directions for using Ukraine's biomass potential for energy]. Thermophysics and Thermal Power Engineering, 45(2), 77-86. <https://doi.org/10.31472/tpe.2.2023.9>
4. Magnolo, F., Dekker, H., Decorte, M. et al. (2021). The Role of Sequential Cropping and Biogasdoneright™ in Enhancing the Sustainability of Agricultural Systems in Europe. *Agronomy*, 11. <https://doi.org/10.3390/Agronomy11112102>
5. EBA Statistical Report 2023. URL: <https://www.europeanbiogas.eu/eba-statistical-report-2023/>
6. Geographical analysis of biomethane potential and costs in Europe in 2050. ENGIE, 2021. URL: https://www.engie.com/sites/default/files/assets/documents/2021-07/ENGIE_20210618_Biogas_potential_and_costs_in_2050_report_1.pdf
7. Biogasdoneright™. Anaerobic digestion and soil carbon sequestration. URL: <https://www.consorziobiogas.it/wp-content/uploads/2017/05/Biogasdoneright-No-VEC-Web.pdf>
8. Sukhyna, A. (2022) Zlakovi sylosy – perspektyva dlia vyrobnytstva biohazu [Cereal silages are a prospect for biogas production]. Propozytsiya. URL: <https://propozitsiya.com/ua/zlakovi-sylosy-perspektyva-dlya-vyrobnyctva-biogazu>

ANALYSIS OF APPROACHES TO THE USE OF INTERMEDIATE CROPS AS FEEDSTOCK FOR BIOMETHANE PRODUCTION IN UKRAINE

T. Zheliezna, S. Drahnev

Abstract. *The wide use of renewable energy sources, in particular biomass, makes a significant contribution to the decarbonization of the energy and transport sectors. Today, one of the most promising directions for the development of European and Ukrainian bioenergy is the production and consumption of biomethane. Biomethane can be used both, as a direct substitute for natural gas in the production of heat and electricity, and as motor fuel. The priority development of biogas/biomethane production is indicated in the European Green Deal, which the EU has been following since the end of 2019. Special attention is paid to the issues of sustainable development of bioenergy, including the use of sustainable feedstock for obtaining all types of biofuels. Because of this, the new version of the EU Renewable Energy Directive of 2023 (RED III) strengthened the sustainability requirements for the production of liquid biofuels and biogas for transport. One of the sustainable types of feedstocks for the production of biomethane can be biomass of intermediate crops, which are plants that are grown in the time interval free from the cultivation of main crops in the crop rotation.*

All the mentioned issues are relevant and important for Ukraine as a member of the Energy Community and a potential member of the EU, which will join the implementation of the European Green Deal in the future.

The purpose of the work is to assess the potential of biomethane production from intermediate crops in Ukraine and to develop some preliminary recommendations for the development of this sector.

The assessment of the potential was carried out using the conservative approach described in the study by experts of Ghent University (Belgium). It is assumed that 20% of the total sown area can be allocated for the cultivation of intermediate crops. The obtained results show that even with a conservative approach, the potential for biomethane production from intermediate crops is the largest component of the total potential for obtaining biomethane from various feedstocks in Ukraine, namely 9.29 billion m³ CH₄/y, which is 47% of the total potential. This points to very good prospects for the development of this bioenergy sector in the country.

When elaborating preliminary recommendations for the introduction of biomethane production from intermediate crops in Ukraine, main principles of Biogasdoneright, the European model of sustainable agriculture development were taken into account. Ukraine's natural-climatic and soil-water conditions have been analysed from the viewpoint of possibility and effectiveness of growing intermediate crops for bioenergy. Some types of agricultural crops for sequential cultivation and possible crop rotations have been suggested. The directions of further research, scientific and practical work necessary for the development of this bioenergy sector in Ukraine have been determined.

Key words: *intermediate crops, bioenergy, biomass, biogas, biomethane*