

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК ДЛЯ УДОБРЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Л.І. Шкарівська, Г.В. Давидюк, І.І. Клименко, Н.І. Довбаш

ННЦ «Інститут землеробства НААН»

Проведено комплексну оцінку перспектив застосування відходів біогазових установок для удобрення сільськогосподарських культур. Досліджено агрохімічні особливості дигестатів як удобрювальних субстратів. Визначено, що характерною особливістю дигестатів є лужна реакція середовища та значний уміст основних поживних речовин із переважанням азоту над іншими елементами (N:P:K — 1:0,2–0,47:0,16–0,27). Дослідження хімічного складу дигестатів засвідчило можливість застосування їх як органічних добрив за умови контролю вмісту важких металів та мікроелементів.

Ключові слова: дигестат, органічне добриво, еколого-агрохімічна експертиза, відходи, нутрієнти, політанти.

З кожним роком у світі зростає попит на альтернативні джерела енергії. На особливу увагу заслуговують технології отримання біогазу. Разом із енергією сонця й вітру біогаз є одним з основних відновлювальних джерел енергії. Перші відомості про нього датуються другим тисячоліттям до нашої ери. У 1859 р. в Індії задокументовано першу біогазову установку. У 1895 р. здійснено перше комерційне використання біогазу для освітлення вулиць Лондона [1].

На сьогодні у 65 країнах світу функціонують понад 30 млн установок з виробництва біогазу, у т.ч. в країнах Європи — понад 12 тис. У США працюють більше 10 великих біогазових заводів, у Данії — 18, які переробляють 1,2 млн біомаси. Німеччина є лідером щодо кількості функціонуючих біогазових установок — понад 5 тис. У країнах Західної Європи завдяки таким альтернативним теплоносіям покривається близько 20% загальних потреб палива в промисловості [1, 2]. В Україні здійснюються лише перші кроки у цьому напрямі, хоча масштаби накопичення побутового сміття і збагачених органікою відходів дають змогу вважати їх потужним джерелом альтернативного палива.

Україна як учасник Енергетичного співтовариства відповідно до виконання

Договору про асоціацію з Європейським Союзом за останні роки упровадила низку ініціатив, що сприятиме подальшому розвитку використання відновлюваних джерел енергії. Зокрема, в 2014 р. Урядом України було затверджено план заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради ЄС [3], Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 р. та План заходів до нього [4]. План дій був розроблений відповідно до Директиви 2009/28/ЄС про заохочення використання енергії з відновлюваних джерел. Основною метою Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2020 р. є досягнення частки споживання енергії відновлюваних джерел на рівні 11% (порівняно з 3,8% у 2009 р.). Частка теплової енергії має сягати 12,4% [5].

На думку Клода Турмеса, члена фракції «зелених» у Європарламенті, Україна має значний сільськогосподарський потенціал і, відповідно, можливість одержання сировини для створення цього виду біопалива [6]. Однак, на думку низки науковців, питання конкуренції біогазу і природнього газу є проблематичним через його більш ніж у 1,5 раза вищу собівартість [2, 7]. Так, за науковими даними прибутковими можна вважати лише малопотужні біогазові установки в Китаї (5 млн сімейних установок, що виробляють 1,3 млрд м³ біогазу за 1 рік) і в Індії (2 млн подібних установок).

Їх прибутковість пояснюється примітивізмом і теплим кліматом, тоді як у північних країнах близько 70% біогазу витрачають на технологічні потреби виробництва [2].

Тому в багатьох країнах Європи, а також США і Японії, біогазові установки використовують, здебільшого, не як джерела альтернативної енергії, а для нейтралізації відходів тваринництва і одержання з них високоякісного органічного добрива, що не містить патогенних організмів.

Використання біогазових установок в Україні є перспективним для розв'язання проблем утилізації відходів, поліпшення екологічної ситуації, підвищення родючості ґрунтів, зменшення енергозалежності та розвитку економіки на місцях [8]. Нині в Україні біогаз виробляють, в основному, з побічних продуктів рослинного та тваринного походження: силосної маси, бурякового жому, рідкого гною, курячого посліду з підстилкою, перепелиного посліду тощо. У таблиці 1 наведено дані щодо сировини, на якій працюють біогазові установки в Україні [9].

Так, біогазова установка на свинофермі комбінату «Запоріжсталь» була впроваджена для очищення стоків і зменшення споживання енергії підприємством. Теплова енергія з виробництва біогазу використовується для власних потреб свинокомплексу. На свинофермі корпорації «Агро-овен»

електроенергія, що виробляється у біогазовій установці, споживається також підприємством. Експлуатацію біогазової установки компанії «Еліта» призупинено в 2011 р. через нерентабельність її роботи. Єдиною біогазовою установкою, підключеною до загальної електричної мережі, є установка «УМК» на фермі ВРХ [9].

На сьогодні через зростання кількості птахозабриків і збільшення поголів'я птиці існує значна проблема утилізації відходів птахівництва, що останніми роками нарощує свою продуктивність. Відомо, що в 2012 р. ПрАТ «Миронівський хлібопродукт» почало будувати біогазову установку на птахозабриці «Оріль-лідер» у Дніпропетровській обл. Планується реалізація амбітної біогазової програми компанією «Укрлендфармінг» та агропромхолдингом «Астарта-Київ», що анонсував будівництво установки на Глобинському цукровому заводі [9].

Отже, біогазові установки споруджуються, насамперед, для вирішення питання утилізації тваринницьких відходів (знезаражування). Внаслідок анаеробної ферментації та зброджування субстрату утворюються два види органічного біодобрива: рідка та тверда біомаса. Вони містять низку доступних органічних і мінеральних речовин, які сприяють проникненню і гігроскопічності ґрунту, збільшенню вмісту в ньому

Таблиця 1

Різновиди біогазових установок в Україні за напрямом діяльності підприємств

Підприємство	Рік запуску	Поголів'я, од.	Сировина	Обсяг сировини, т/добу
Свиноферма комбінату «Запоріжсталь», м. Запоріжжя	1993	1200	гній	20–22
Свиноферма корпорації «Агро-овен», Дніпропетровська обл.	2003	1500	гній, жирові відходи	89
Аграрна компанія «Еліта», смт Терезине, Київська обл.	2009	1000	гній	60
Ферма ВРХ «УМК», с. Великий Крупіль, Київська обл.	2009	6000	гній	400

му біогумусу, зменшують ерозію ґрунту та легко засвоюються рослинами, що своєю чергою підвищує врожайність сільськогосподарських культур [10, 11]. Основною перевагою біодобрив перед традиційними добривами (гній, послід тощо) щодо елементів живлення є їх форма, доступність і збалансованість, високий рівень гуміфікації органічної речовини [12]. Недоліком отриманих унаслідок анаеробного зброджування органічних добрив є те, що їх хімічний склад має значне варіювання. Метою роботи було проведення еколого-агрохімічної оцінки відходів біогазових установок та визначення їх властивостей як субстратів для удобрення сільськогосподарських культур.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Визначення хімічних та екотоксикологічних властивостей органічних матеріалів після ферментації в біогазових установках здійснювали у відділі агроекології і аналітичних досліджень ННЦ «Інститут землеробства НААН» упродовж 2015–2019 рр. Було використано методики хімічного, фізико-хімічного аналізу із застосуванням сучасних методів атомно-абсорбційної спектрофотометрії, полум'яної фотометрії, математично-статистичного аналізу відповідно до вимог системи управління якістю (за ДСТУ 3973-2000). У рамках договірної тематики було проведено еколого-агрохімічну експертизу наданих проб дігестатів біогазових установок, розташованих на території України: ТОВ «Теофіпольська енергетична компанія», ТОВ «Рокитнянський цукровий завод», ПАТ «Миронівський хлібопродукт» та ФГ «Масарівські Липки».

Дослідження проводили згідно з методиками аналізу органічних добрив: визначення вологи та сухого залишку за ДСТУ ISO 11465-2001; золи — за ДСТУ EN 13039:2005; $pH_{\text{вод.}}$ — за ДСТУ 7862:2015; сумарної масової частки азоту та масової частки амонійного азоту — за ДСТУ 7911:2015; загального фосфору — за ДСТУ ISO 5316:2003; загального калію — за ДСТУ 7949:2015; загального натрію — за ДСТУ

EN 16199:2015; загального кальцію — за ДСТУ 7945:2015; загального магнію — за ДСТУ EN 16197:2015; загального вуглецю — за ДСТУ 4289:2004; рухомого хлору — за ДСТУ 7908:2015; уміст важких металів і мікроелементів — методом сухого озолення з наступним аналізом розчину золи атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі ААС-3 за ГОСТ 30178-96.

Математико-статистичний аналіз результатів досліджень виконано з використанням комп'ютерних програм: MS Excel 2007, Statistica 5.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За хімічним складом дігестат є близьким до компосту, тому може застосовуватися як додаткове добриво для підвищення родючості ґрунтів. Його вміст має такі компоненти: азот — 2,3–4,2 кг/т, фосфор — 0,2–1,5, калій — 1,3–5,2 кг/т. За формою він буває рідким і твердим (висушений і гранульований). Рідка фракція потребує видалення зайвої вологи, наприклад, шляхом мембранної фільтрації, а тверду фракцію можна використовувати як добавку до компосту. Дігестат зручно поєднувати з іншими відходами або органічними продуктами, як от деревними стружками, тирсою [13].

Ефективне використання дігестату як добрива можливо за наявності об'єктивної інформації щодо вмісту в ньому нутрієнтів та політантів. Так, аналіз літературних джерел засвідчив, що біодобрива, отримані з біогазових установок, значно різняться за хімічним складом і використанням сировини різного походження [13–15]. Зокрема, pH варіює у межах 3,5–9,1 ум. од., уміст загального азоту — 0,89–6,87%, загально-го фосфору — 0,39–2,25, загально-го калію — 0,19–5,39%, що свідчить про значну варіабельність досліджених показників і необхідність їх постійного контролю [15].

Усі проаналізовані проби (табл. 2) характеризувались лужною реакцією середовища ($pH_{\text{сол.}}$ від 7,4 до 8,8) та переважанням кількості загального азоту над іншими макронутрієнтами за співвідношення N:P:K — 1:0,2–0,47:0,16–0,27. Уміст загаль-

Таблиця 2

Результати хімічного аналізу проб дігестату на основі бурякового жому та гною ВРХ

№ пор.	Показники	Біогазові установки					$\bar{X} \pm S_x$	V, %
		1	2	3	4	5		
1	Обмінна кислотність (рН _{сол.})	8,8	7,8	7,6	7,4	8,4	8,0±0,2	7,3
2	Активна кислотність (рН _{вод.})	9,1	8,6	8,4	7,9	8,4	8,5±0,2	5,1
3	Вологість, %	65,2	71,6	72,7	81,5	41,5	66,5±6,8	22,8
4	Уміст сухих речовин, %	34,8	28,4	27,3	18,5	58,5	33,5±6,8	45,2
<i>Загальний уміст, % у сухій речовині</i>								
5	Азот (N)	2,38	1,67	2,48	3,04	1,44	2,20±0,29	29,4
6	Фосфор (P ₂ O ₅)	0,56	0,39	0,49	0,76	0,67	0,57±0,07	25,4
7	Калій (K ₂ O)	0,42	0,19	0,48	0,50	0,39	0,40±0,06	31,2
8	Натрій (Na ₂ O)	0,08	0,08	0,19	0,37	0,16	0,18±0,05	67,5
<i>Мікроелементи у сухій речовині, мг/кг</i>								
9	Мідь	17,1	9,1	0,9	0,9	1,7	5,9±3,2	120,0
10	Цинк	45,0	19,8	6,1	6,0	4,8	16,3±7,7	105,0
11	Марганець	272,5	246,3	316,7	282,6	112,3	246,1±35,3	32,1
12	Залізо	2782,5	2642,5	1508,7	1885,0	1056,2	1975,0±329,2	37,3
<i>Важкі метали у сухій речовині, мг/кг</i>								
13	Свинець	5,0	6,3	12,0	3,8	9,8	7,4±1,5	46,4
14	Кадмій	0,5	0,7	0,5	0,6	0,9	0,6±0,1	26,1
15	Нікель	6,3	3,6	2,0	1,7	3,7	3,5±0,8	52,8

Примітка (до табл 2, 3): *дігестати № 1–5 – на основі бурякового жому та гною ВРХ.

ного азоту в дігестатах різнився у 2 рази, фосфору – у 1,5, калію – у 1,3 рази, а сухих речовин – варіював у межах 18,5–58,6%. Спостерігалася і значна варіабельність ($V = 26,1–120,0\%$) дігестатів за вмістом мікроелементів та важких металів. Дігестат біогазової установки № 1 відзначався значно вищим умістом міді, цинку, заліза порівняно з іншими пробами, а проби № 3 і 5 мали вищий, у 1,5–3,1 рази, уміст свинцю.

Загалом, субстрати, отримані внаслідок анаеробного бродіння органічних речовин, за вмістом нутрієнтів можуть застосовуватись як органічне добриво, збагачене азо-

том. Так, уміст азоту становив 1,44–3,04%, фосфору – 0,49–0,76, калію – 0,39–0,50% у сухій речовині, що за нативної вологості набувало значень 0,56–0,84; 0,13–0,34; 0,09–0,23% відповідно. Втім у дігестатах необхідно контролювати кількість мікроелементів і важких металів.

Після фільтрації дігестату отримують рідку фракцію, яка може використовуватись повторно у технологічному циклі або, зважаючи на збагаченість нутрієнтами, застосовуватись для удобрення. Розподіл рідкої та твердої фази відпрацьованого субстрату є важливим щодо його подаль-

шого зберігання і використання, оскільки необхідність у добривах має сезонний характер (табл. 3, 4).

Виявлено, що рідка фракція дигестату є збагачена нутрієнтами, особливо азотом із переважанням амонійних сполук (понад 60%) і калієм за співвідношення

Таблиця 3

Результати аналізу рідкої фракції (фільтратів) на основі бурякового жому та гною ВРХ

№ пор.	Назва показника	Біогазові установки	
		1	2
1	Кислотність (рН)	7,8	8,1
2	Вологість, %	98,4	97,6
3	Уміст сухих речовин, %	1,6	0,54
4	Густина, г/см ³	1,008	1,010
<i>Загальний уміст, % у сухій речовині</i>			
5	Азот (N)	0,12	0,21
6	Фосфор (P ₂ O ₅)	0,017	0,090
7	Калій (K ₂ O)	0,12	0,31
8	Натрій (Na ₂ O)	0,02	0,09
			%
9	Нітратний азот (N-NO ₃)	–	0,006
10	Амонійний азот (N-NH ₄)	–	0,129
11	Водорозчинний фосфор (P ₂ O ₅)	–	0,037
12	Водорозчинний калій (K ₂ O)	–	0,161
13	Водорозчинний натрій (Na ₂ O)	–	0,057
14	Водорозчинний хлор (Cl)	–	0,064
			мг/л
<i>Мікроелементи</i>			
		мг/л	у сухій речовині, мг/кг
15	Загальний кальцій (Ca)	–	1,77
16	Загальний магній (Mg)	–	0,75
17	Мідь	1,38	77,5
18	Цинк	3,75	397,8
19	Марганець	7,66	247,3
20	Залізо	127,2	757,6
<i>Важкі метали</i>			
		мг/л	у сухій речовині, мг/кг
21	Свинець	0,18	6,3
22	Кадмій	0,02	0,6
23	Нікель	0,23	10,2

Агрохімічна оцінка якості фільтрату

№ пор.	Назва показника	Фактичний уміст				$\bar{X} \pm S_x$	V, %
		3*	4	5	6		
1	pH розчину	7,6	7,6	5,1	5,0	6,3±0,7	23,2
2	Вологість, %	95,8	96,9	97,4	94,0	96,0±0,7	1,6
3	Уміст сухих речовин, %	4,19	3,04	2,60	6,02	3,96±0,76	38,5
4	Густина, г/см ³	0,98	0,99	1,00	1,01	1,00±0,01	1,30
<i>Уміст у сирій речовині</i>							
5	Уміст органічної речовини в перерахунку на вуглець (C), %	1,09	0,79	0,63	1,91	1,11±0,28	51,5
6	Загальний азот (N), %	0,16	0,14	0,10	0,20	0,15±0,02	27,7
7	Амонійний азот (N-NH ₄), %	0,14	0,12	0,09	0,13	0,12±0,01	18,0
8	Нітратний азот (N-NO ₃), мг/л	123,0	195,0	575,4	812,8	426,5±162,5	76,2
9	Рухомий хлор (Cl), мг/л	236,1	248,5	171,1	188,1	210,9±18,6	17,6

Примітка: *фільтрат № 3 і 4 – на основі бурякового жому та гною ВРХ, № 5 і 6 – на основі силосу кукурудзи і пташиного посліду.

N:P:K – 1–1,75:0,1–0,75:1,0–2,58 з високою мінливістю ($V = 38,6–96,5\%$). Уміст рухомих сполук мікроелементів і важких металів у перерахунку на суху речовину не перевищував гранично допустимого концентрацію (ГДК).

Виявлено, що рідка фракція відходів біогазових установок також містить значну кількість нітратів та рухомого хлору. Їх уміст був у межах 123–812 мг/л за значного варіювання – відповідно $V = 76,2\%$ та 171,1–236,1 мг/л (за середнього рівня варіювання – 16,5%). Фільтрати № 1–4 за використання бурякового жому та гною ВРХ можна застосовувати для поливу і удобрення сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах, а проби № 5, 6, отримані на основі силосу кукурудзи і пташиного посліду, – на нейтральних ґрунтах, але за умови контролю вмісту важких металів, мікроелементів і водорозчинного хлору. Також потрібно вживати запобіжних заходів щодо використання рідкої фракції з дігестатів, оскільки через збагаченість

її нутрієнтами надходження фільтрату до поверхневих водойм може викликати потужну евтрофікацію і порушити баланс мікробного пулу водойми.

ВИСНОВКИ

Агрохімічна експертиза хімічного складу наданих проб дігестатів і побічного продукту (фільтрату) виявила високий уміст основних поживних речовин, що підтверджує можливість застосування їх як добрив для сільськогосподарських культур. Основною властивістю дігестатів на основі бурякового жому, як добрив, є лужна реакція середовища з переважанням умісту азоту над іншими елементами у співвідношенні N:P:K – 1:0,2–0,47:0,16–0,27. Використання як сировини для ферментації кукурудзяного силосу та пташиного посліду призводило до зниження водневого показника pH та інших показників. Отже, внесення дігестатів і фільтрату потребує обов'язкового контролю на вміст політантів у цих видах органічних добрив.

ЛІТЕРАТУРА

1. Біогазові системи та їх використання у сільгоспвиробництві [Електронний ресурс] / С.Є. Чернявський, В.І. Халак, О.І. Стадницька, Л.В. Ференц. — Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8389-biohazovi-systemy-ta-ikh-ykorystannia-u-silhospyvrobnytstvi.html>
2. Сидоров Ю.І. Сучасні біогазові технології [Електронний ресурс] / Ю.І. Сидоров // *Biotechnologia acta*. 2013. — Vol. 6, No. 1. — ISSN 2410-776X. — Режим доступу: [file:///F:/Література%20дігестати/biot_2013_6_1_6%20\(1\)](file:///F:/Література%20дігестати/biot_2013_6_1_6%20(1))
3. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС» від 3 вересня 2014 р. № 791-р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/791-2014-%D1%80>
4. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року» від 1.10.2014 р. № 902 р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>
5. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://sae.gov.ua/en>
6. Украина сосредоточится на производстве биогаза? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://news.tradedir.ru/agriculture/news1840.htm>
7. Ацакатов М. Биоэнергия — иллюзия или реальность? [Електронний ресурс] / М. Ацакатов // Полярная Звезда — сетевой журнал. — Режим доступу: <http://zvezda.ru/economics/2007/06/26/bio.htm>
8. Паламаренко Я.В. Сучасний стан та перспективи розвитку біогазової галузі України / Я.В. Паламаренко // Інвестиції: практика та досвід. — 2019. — № 21. — С. 54–62.
9. Маменко О.М. Нетрадиційні відновлювані джерела енергії та перспективи виробництва біогазу в умовах тваринницьких комплексів / О.М. Маменко, С.В. Портянник // Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини. — 2016. — Вип. 32(1). — С. 231–249.
10. Скляр О.Г. Аналіз органічних добрив після анаеробної ферментації / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (Умань, 23–24 травня 2019 р.). — Умань, 2019. — С. 68–70.
11. Скляр О.Г. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Праці ТДАТУ. — 2013. — Вип. 13. — Т. 3. — С. 110–118.
12. Екотоксикологічна оцінка біодобрив (продуктів ферментації біогазової установки) на предмет їх відповідності вимогам органічного землеробства / Н.А. Макаренко, В.І. Бондарь, Г.М. Борщ, А.В. Сальнікова // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — 2014. — № 4. — С. 20–24.
13. Дігестат як компонент добрив [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/16286-digestat-ia-komponent-dobryv.html>
14. Зінченко В.О. Біомаса як альтернативне джерело енергії / В.О. Зінченко // Екологічний вісник. — 2005. — № 13. — С. 24–25.
15. Максінко Л.М. Біодобриво як продукт утилізації гною методом метанового бродиння і перспективи його використання / Л.М. Максінко, О.Г. Малік, Т.Б. Нагірняк // Вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. — 2015. — Т. 17. — № 3 (63). — С. 403–410.

REFERENCES

1. Cherniavskiy, S.Ye., Khalak, V.I., Stadnytska, O.I., Ferents, L.V. Biohazovi systemy ta yikh vykorystannia u silhospyvrobnytstvi [Biogas systems and their use in agricultural production]. *agro-business.com.ua*. Retrieved from <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8389-biohazovi-systemy-ta-ikh-ykorystannia-u-silhospyvrobnytstvi.html> [in Ukrainian].
2. Sidorov, Yu.I. (2013). Suchasni biohazovi tekhnologii [Modern biogas technologies]. *Biotechnologia acta*, 6, 1. ISSN 2410-776X. Retrieved from [file:///F:/Література%20дігестати/biot_2013_6_1_6%20\(1\)](file:///F:/Література%20дігестати/biot_2013_6_1_6%20(1)) [in Ukrainian].
3. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy «Pro zatverdzhennia planu zakhodiv z implementatsii Dyrektyvy Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady 2009/28/ІeS» vid 3 veresnia 2014 r. № 791-r. [Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine «On Approval of the Action Plan for the Implementation of Directive 2009/28/ EC of the European Parliament and of the Council» of September 3, 2014 No. 791-p.]. (2014). *zakon5.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/791-2014-%D1%80> [in Ukrainian].
4. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy «Pro Natsionalnyi plan dii z vidnovliuvanoi enerhetyky na period do 2020 roku» vid 1 zhovtnia 2014 r. № 902 r. [The Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine «On the National Renewable Energy Action Plan for the Period until 2020» of October 1, 2014 No. 902]. (2014). *zakon5.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80> [in Ukrainian].
5. Derzhavne ahentstvo z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia Ukrainy [State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine]. *sae.gov.ua*. Retrieved from <http://sae.gov.ua/en> [in Ukrainian].

6. Ukraina sosredotochitsya na proizvodstve biogaza? [Will Ukraine focus on biogas production?]. *news.tradedir.ru*. Retrieved from <http://news.tradedir.ru/agriculture/news1840.htm> [in Russian].
7. Acakatov, M. (2007). Bioenergiya – illyuziya ili realnost? [Bioenergy – illusion or reality]. *Polyarnaya Zvezda – setevoy zhurnal – Polar Star – online magazine*. Retrieved from <http://zvezda.ru/economics/2007/06/26/bio.htm> [in Russian].
8. Palamarenko, Ya.V. (2019). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku biohazovoi haluzi Ukrainy [The current state and prospects of development of the biogas industry in Ukraine]. *Investytsii: praktyka ta dosvid – Investment: practice and experience*, 21, 54–62 [in Ukrainian].
9. Mamenko, O.M., Portiannyk, S.V. (2016). Netradytsiini vidnovliuvani dzherela enerhii ta perspektyvy vyrobnytstva biohazu v umovakh tvarynytskykh kompleksiv [Non-traditional renewable energy sources and prospects of biogas production in conditions of livestock complexes]. *Problemy zoonzhenerii ta veterynarnoi medytsyny – Problems of Zoo Engineering and Veterinary Medicine*, 32(1), 231–249 [in Ukrainian].
10. Skliar, O.H., Skliar, R.V. (2019). Analiz orhanichnykh dobryv pislia anaerobnoi fermentatsii [Analysis of organic fertilizers after anaerobic fermentation]. Proceedings from Innovative technologies for growing, storing and processing products of horticulture and plant production '19: *V Mizhnarodna naukovopraktychna konferentsiia (Uman, 23–24 travnia 2019 r.) – 5nd International Scientific and Practical Conference* (pp. 68–70). Uman [in Ukrainian].
11. Skliar, O.H., Skliar, R.V. (2013). Vlastyvosti biodobryv, shcho otrymuiutsia pislia anaerobnoi fermentatsii hnoiu. [Properties of biofertilizers obtained after anaerobic fermentation of manure]. *Pratsi TDATU – Against TDATU*, 13(3), 110–118 [in Ukrainian].
12. Makarenko, N.A., Bondar, V.I., Borshch, H.M., Salnikova, A.V. (2014). Ekotoksykologichna otsinka biodobryv (produktiv fermentatsii biohazovoi ustanovky) na predmet yikh vidpovidnosti vymoham orhanichnoho zemlerobstva [Ecotoxicological evaluation of biofertilizers (fermentation products of biogas plant) for their compliance with the requirements of organic farming]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 20–24 [in Ukrainian].
13. Dihestat yak komponent dobryv [Digestat as a component of fertilizers]. *agro-business.com.ua*. Retrieved from <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/16286-dihestat-iak-komponent-dobryv.html> [in Ukrainian].
14. Zinchenko, V.O. (2005). Biomasa yak alternatyvne dzherelo enerhii [Biomass as an alternative energy source]. *Ekolohichniy visnyk – Ecological Bulletin*, 13, 24–25 [in Ukrainian].
15. Maksishko, L.M., Malyk, O.H., Nahirniak, T.B. (2015). Biodobryvo yak produkt utylizatsii hnoiu metodom metanovoho brodinna i perspektyvy yoho vykorystannia [Biofertilizer as a product of utilization of manure by the methane fermentation method and prospects for its use]. *Visnyk LNUVMBT*

Стаття надійшла до редакції журналу 23.01.2020
