

УДК: 332.34; 631.8; DOI: 10.31388/2519-884X-2019-40-79-86

Захарів О.Я. д.с.-г.н., професор
Відокремлений підрозділ Національного університету
біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»
e-mail: orest.zakhariv@gmail.com

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДИГЕСТАТУ ІЗ БІОГАЗОВИХ РЕАКТОРІВ ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

Анотація. У статті представлені розрахунки вартості органічних добрив різної консистенції на основі гною корів, свиней а також дигестату, який отримують із біореактора при виробництві біогазу. Ціноутворюючими складовими біодобрив є вартість нітрогену, фосфору, калію і магнію, які визначають врожайність. Розрахунки ціни показали, що найдоцільніше реалізовувати тверді фракції органічних добрив і гранульовану напіврідку фракцію дигестату. Невеликі біогазові установки, в умовах малого фермерського господарства, продукують достатню кількість дигестату, який при раціональній переробці та використанні дозволить вести прибутковий бізнес.

Ключові слова: собівартість, ціноутворення, біодобриво, біогаз, дигестат, врожайність, фермерські господарства.

JEL code classification: Q11, Q13

Zakhariv O.Ya. doctor of agricultural sciences, Prof.
Sep. Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
“Berezhany Agrotechnical Institute
e-mail: orest.zakhariv@gmail.com

EFFICIENCY OF USING DIGESTATES FROM BIOGAS REACTORS FOR FARMERS

Abstract. The fermented precipitate, which remains in the bioreactor after getting the biogas is a remarkable substitute for organic fertilizer and its chemical composition is able to completely restore the humus part of the fertile soil layer, but its value is unfounded from the price position Nutrient chemical elements from which it is folded. The purpose of the article is to formulate the objective price of organo-mineralized fertilizer on the basis of Digestate obtained after the fermentation processes in the biogas reactor, taking into account the cost of basic nutrients, the introduction of which in soil increases the yield Crops.

The results of the studies indicate that the consistency of biofertilizer, the higher its value, and therefore 1 ton of thick biofertilizers from pork manure, taking into account the cost of nutrient components, costs 379.67 UAH and cow manure – 314.50 UAH, which It can be used for real implementation by farmers in the agricultural market of products. With moisture loss of more than 5 times, the cost of biofertilizers is increasing only in 2.5 times of pork manure, and 3 times from cow manure. The cost of 1 ton of the liquid fraction of the digestate from the bioreactor, taking into account the nutrient content, is only 582, 44 hryvnia for 1 ton. Analyzing the prices of different fractions of digestate and components of the pricing of this product it is evident that it is much more profitable to remake the semi-liquid precipitate digestational into granules than to apply it fresh. The resulting granules will be stored for several years and their price is almost 10 times higher, and is 2860, 65 UAH for 1 ton. For small farms, rational use of 5 m³ bioreactor, so that it can be completely to download animal waste and crushed plant biomass. From such bioreactor for 1 month – 6 tons of liquid and semi-liquid digestational. Using our calculations, the monthly income from received Digestate, at the cost of nutrient elements, will be 4675.52 UAH. If the liquid fraction can be immediately taken out on the field and made in farmland, the Semiliquid digestate is better to convert to pellets for long-term storage and at the same time, the monthly income will be 17163.90 UAH from the implementation of such organo-mineralized fertilizer.

Thus, the price of organic-mineralized environmentally friendly fertilizer, which is obtained after fermentation processes from the biogas reactor, on the basis of Digestate, is to form the cost of nutrient chemical elements from which it consists. Taking into account the price of each element in fertilizer that has long been realized in the agricultural market and knowing the contents of these elements in the Digestate, one can determine the value of each fraction. The cal-

culatation of the price of Organo-mineralized fertilizers based on Digestate indicates the expediency of processing it to granules directly at the biogas plant.

Key words: *cost, pricing, biofertilizer, biogas, digestate, yield, farms.*

Постановка проблеми. Для інтенсивного ведення аграрного виробництва і повного відтворення запасів гумусу в Україні щорічно потрібно вносити 320-340 млн. т органічних добрив. Раніше цей баланс підтримувався, головним чином, за рахунок вітчизняного тваринництва. Проте поголів'я худоби в Україні зведено нанівець. Нині, на 1 га ріллі в Україні припадає вдесятеро менше голів великої рогатої худоби, ніж у країнах Західної Європи [1]. Під урожай агрокультур в останні роки вносилося в середньому в 17 разів менше органічних добрив, ніж необхідно. Тому ґрунт без органічних речовин виснажується та зменшуються врожаї. Відомо, що втрата 0,1% гумусу в ґрунті знижує урожайність зерна на 0,5 ц/га. Якщо тенденція зберігатиметься й надалі, то в недалекому майбутньому Україна може опинитися на порозі гумусового голоду – серйозної екологічної катастрофи. І тоді вже ніякі агротехнічні, меліоративні, природоохоронні та організаційно-господарські заходи не зможуть відновити агротехнічного потенціалу землі [2, 3]. В сучасних умовах ведення землеробства в Україні реальним джерелом органічної речовини є солома, стерня, стебла та інші післязбиральні рештки, сидерати, тому дуже важливо обґрунтувати ціну цих відходів [4].

Органічні речовини ґрунту, як інтегрований показник його родючості, беруть активну участь у живленні рослин, створенні сприятливих фізико-хімічних властивостей, міграції у ньому різних хімічних елементів, адже найважливіші ґрунтові процеси пов'язані перш за все з органічними сполуками [5, 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зброджений осад, який залишається в біореакторі після отримання біогазу є чудовим заміном органічного добрива і за своїм хімічним складом здатний повністю відновити гумусну частину родючого шару ґрунту, але його вартість необґрунтована з позиції ціни поживних хімічних елементів, з який він складається [7]. Відомо, що під час процесів бродіння у біогазовому реакторі

розкладається біля 30% органічних речовин, таким чином маса вихідного субстрату після закінчення процесів бродіння зменшується всього на 3% [8].

Загально прийнятої єдиної назви збродженого осаду із біогазової установки немає. У вітчизняній та зарубіжній літературі його позначають різними термінами: еффлюент, біодобриво, дигестат, біогазовий осад, біошлам [9, 10, 11]. При розділенні осаду із біогазової установки утворюються тверда фракція (погазований шлам) і рідка (фугат) частина. Ці дві частини дигестату є органічно-мінералізованим добривом, яке відразу можна використовувати для прикореневого підживлення сільськогосподарських культур. Норми використання нерозведеного цього добрива становлять 500-1000 л на 1 гектар. З 1 м³ об'єму реактора отримують 40 літрів такого добрива [11]. Враховуючи те, що більшість промислових реакторів мають великі об'єми, основною проблемою біодобрив, які отримують з біогазової установки, є їх зберігання і збут їх у зимовий період.

Рідку частину відразу після розділення згідно технології у весняний та осінній період розбризкують на полях, або відправляють на повторне завантаження до анаеробного реактора, попередньо змішавши з твердою сировиною [12]. Тверду фракцію можна компостувати з іншими органічними відходами у спеціальних резервуарах, або змішувати із сорбентами – торфом, тирсою, землею і т.д. [13]. У такому вигляді погазований шлам більш зручний для зберігання і транспортування. Твердий осад також застосовують для розпушення і мульчування ґрунту, та для приготування ґрунтосумішей [12].

Дане органічно-мінералізоване добриво, у вигляді погазованого шламу із біогазового реактора, має дуже корисну властивість – вирівнює кислотно-лужний баланс ґрунту, сприяючи зменшенню виснаження. Порівняно з мінеральними добривами, які засвоюються на 35-50%, органічно-мінералізоване засвоюється кореневою системою рослин майже повністю. Цінність такого органі-

мінералізованого добрива полягає в тому, що азот в ньому зберігається в амонійній формі, що становить до 24% від загальної кількості азоту, за іншими даними – до 50-75%, і навіть – до 60-80% та в органічній формах [8, 10].

Ряд зарубіжних дослідників стверджують, що застосування збродженого осаду стимулює ріст ґрунтових мікроорганізмів та їх метаболічну діяльність [14]. Як наслідок, спостерігається швидше окислення аміаку, посилюється загальна мінералізація азоту і процеси денітрифікації. Фосфор у погазованому шламі знаходиться переважно у вигляді фосфатів і нуклеопротейдів, а калій міститься у формі засвоюваних солей, що забезпечує їх краще споживання рослинами. Причому в процесі ферментації у біогазовій установці вміст калію практично не змінюється, однак кількість засвоюваного фосфору подвоюється. З інших макроелементів у погазованому шламі також присутні кальцій – (1,0-2,3%), магній – (0,3-0,7%) і сірка – (0,2-0,4%) [8, 10].

Осад біогазової установки утворюється у процесі анаеробного бродіння рослинної біомаси, тобто відходів сільськогосподарського виробництва, яка під час заготівлі містить корисну мікрофлору, але не містить яйця і личинки гельмінтів, насіння бур'янів. Проведені спеціальні дослідження констатують загибель 90% патогенних мікроорганізмів, які викликають інфекційні захворювання людей і тварин, в анаеробній системі реактора [9]. Також відмічають значне або повне знищення патогенної мікрофлори для рослин у мезофільних умовах [15].

Органо-мінералізовані добрива, які отримують із біогазової установки, здатні підвищувати врожайність сільськогосподарських культур у порівнянні з традиційним гноєм на 10-30%, при цьому розхід на 1 га становить 1-5 тонн, замість 60 тонн свіжого гною від великої рогатої худоби [7, 10]. В результаті проведених дослідів після внесення збродженого осаду із біогазової установки було встановлено збільшення врожайності картоплі на 30%, багаторічних злакових газонних трав – в 3 рази, розсади капусти і томатів – на 12-15%, біомаси в цілому – на 30-50% [5, 9]. Таку ефективність автори пояснюють біосинтезом біологічних стимуляторів росту

класу ауксинів, що прискорюють фіксацію карбону та нітрогену і, як наслідок, стимулюють ріст і поділ клітин, утворення бічних коренів, індукують ріст плодів [8].

На жаль, в Україні ґрунтовно не досліджували вплив органо-мінералізованих добрив, на врожайність сільськогосподарських культур, тому доводиться спиратися на дані вчених Білорусії, Казахстану, Латвії та Киргизстану, де широко впроваджені ці технології [7, 9, 16]. Відмічено зростання врожаю пшениці на 15-30%, кукурудзи на зерно – на 49%, кукурудзи на силос – на 70-80%, картоплі – на 100-150%, ягід – на 60-100% [9].

У багатьох країнах світу виробництво та реалізація органо-мінералізованих добрив із біогазової установки – це дуже вигідний бізнес. Собівартість виробництва одного літра такого добрива становить максимуму 10-15 центів при наявності лінії сушки і фасування (якщо не фасувати, тоді собівартість майже нульова), а оптова ціна на внутрішньому ринку – 1-1,5 \$ [10, 17].

Формулювання цілей статті. Метою статті є сформулювати об'єктивну ціну органо-мінералізованого добрива на основі дигестату, отриманого після бродильних процесів у біогазовому реакторі, враховуючи вартість основних поживних елементів, внесення яких у ґрунти підвищує врожайність сільськогосподарських культур.

Виклад основного матеріалу. Основними хімічними елементами, завдяки наявності яких у родючому шарі ґрунту підвищується врожайність зернових, бобових і технічних культур є нітроген, фосфор, калій, і для деяких рослин – магній. Із наукової та довідкової літератури було підбрано, узагальнено та проаналізовано дані про вартість поживних елементів у широко застосовуваних неорганічних добривах – карбамід, аміачна селітра, сульфат амонію, аммофос, діамофоска, нітроаммофоска, суперфосфат, КАС-32, калій хлористий. У цих добривах такі поживні елементи, як нітроген, фосфор, калій та магній знаходяться у вигляді солей – нітратів, фосфатів, калійних і магнієвих. Враховуючи хімічні формули солей добрив було визначено частку кожного із елементів і базуючись на ціні мінерального добрива, та частки кожного із складових поживних елементів, розраховано вартість кожного елемента.

Таким чином, вартість нітрогену в мінеральних добривах, які збалансовані за вмістом складових елементів для різних видів сільськогосподарських рослин, становить 26,68 грн. за 1 кг, відповідно фосфору – 23,63 грн. за 1 кг, калію – 0,79 грн. за 1 кг, магнію – 0,35 грн. за 1 кг. При цьому орієнтуючись на середній курс української гривні відносно долара США і євро НБУ станом на грудень 2019 року, було розраховано вартість кожного із поживних елементів добрива у доларах США і євро. Вартість нітрогену в неорганічних добривах становить 1,05 € (євро), чи 1,14 \$ (доларів США) за 1 кг, відповідно фосфору – 0,93 €, чи 1,01 \$ за 1 кг, калію – 0,72 €, чи 0,79 \$ за 1 кг, магнію – 0,32 €, чи 1,35 \$ за 1 кг.

В органічних добривах, що використовуються для покращення родючості у агропромислових комплексах і звичайних фермерських господарствах Рогатинського району Івано-Франківської області міститься різна кількість поживних елементів у залежності від їх походження із різних господарств. У своїх розрахунках ми використовували органічне добриво на основі свинячого гною із свиногокомплексу ТОВ РОСАН-АГРО, де зна-

ходиться понад 15000 голів свиней породи Кам-Росан на відгодівлі, також органічне добриво на основі коров'ячого гною від молочного стада 2280 голів корів молочнотоварної ферми с. Чесники, Рогатинського району Івано-Франківської області. Визначення вмісту нітрогену, фосфору, калію і магнію у пробах органічного добрива і дигестату проводили за стандартними методиками в хімічній лабораторії Інституту біології тварин НААН.

Отримані проби гноєвої маси від поголів'я свиней і молочних корів суттєво відрізнялися за вмістом основних поживних елементів (табл. 1). У гною свиней, як рідкої так і густої консистенції характерним є більший вміст нітрогену, фосфору і магнію ніж у гною корів. Проте, у коров'ячому гною виявлено більший вміст калію у порівнянні із свинячим гноєм. Тому використання біодобрива на основі рідкого чи відстояного свинячого гною є більш актуальним для росту і розвитку вегетативної частини зернових сільськогосподарських культур, а біодобриво на основі коров'ячого гною доцільніше використовувати для підвищення врожайності коренеплодів і вносити у ґрунти восени.

Таблиця 1

Розрахунок вартості біодобрива із коров'ячого і свинячого гною із різним вмістом сухої речовини

Основні елементи живлення	Вміст поживних елементів у біодобриві (кг/т)	Вартість поживної речовини в 1 тонні органічного добрива		
		€/т*	\$/т*	грн/т
Біодобриво із свинячого гною (25% сухої речовини)				
Нітроген	4,5	4,73	5,16	120,06
Фосфор	5,6	5,21	5,67	132,33
Калій	6,2	4,46	4,87	113,46
Магній	1,7	0,54	0,59	13,82
Всього	18,0	24,88	16,29	379,67
Біодобриво із коров'ячого гною (25% сухої речовини)				
Нітроген	3,6	5,4	5,9	96,05
Фосфор	2,8	2,6	2,84	66,16
Калій	7,7	5,54	6,04	140,91
Магній	1,4	0,45	0,49	11,38
Всього	15,5	13,99	15,27	314,50
Біодобриво із свинячого гною (5% сухої речовини)				

Нітроген	1,8	1,89	2,06	48,02
Фосфор	2,4	2,23	2,43	56,71
Калій	2,3	1,66	1,81	42,09
Магній	0,7	0,22	0,24	5,69
Всього	7,2	6,0	6,54	152,51
Біодобриво із коров'ячого гною (5% сухої речовини)				
Нітроген	0,9	0,95	1,03	24,01
Фосфор	1,2	1,12	1,22	28,36
Калій	2,5	1,80	1,96	45,75
Магній	0,5	0,16	0,17	4,07
Всього	5,1	4,03	4,38	102,19

* – середній курс валют станом на грудень 2019 року

З результатів представлених у таблиці 1 видно, що чим густіша консистенція біодобрива, тим вища його вартість. Так 1 тонна густого (25% сухої речовини) біодобрива із свинячого гною, враховуючи вартість складових поживних елементів, коштує 379,67 гривень, 1 тонна густого біодобрива із коров'ячого гною коштує 314,50 гривень, що може використовуватися при реальній реалізації фермерами на сільськогосподарському ринку продукції. Також ми бачимо, що тривале зберігання свіжого гною у компостних ямах не приводить до суттєвого збільшення ціни. При втраті вологи більше ніж 5 разів, вартість біодобрива зростає всього у 2,5 рази для біодобрива із свинячого гною, і у 3 рази – для біодобрива із коров'ячого гною. Також, як видно з даних представлених у таблиці 1, тривале зберігання органічного добрива на основі свинячого і коров'ячого гною, приводить до суттєвої втрати нітрогену та є збитковим.

Враховуючи те, що органо-мінералізоване добриво, яке отримується після бродіння біомаси з пшеничної соломи у біогазовому реакторі відповідає усім вимогам органічного землеробства, ми розрахували вартість його, за різного вмісту сухої речовини (табл. 2). Ці дані можна з успіхом використовувати при ціноутворенні екологічно чистого орга-

но-мінералізованого добрива на основі дигестату. Із біогазового реактора можна отримувати дигестат різної консистенції – рідкої чи напіврідкої. Напіврідка консистенція дигестату представляє собою осадові залишки. Із цієї напіврідкої частини дигестату доцільно виготовляти гранули, що дозволить зберігати їх тривалий час на складах для наступної реалізації.

Із даних представлених у таблиці 2 видно, що у всіх фракціях дигестату міститься значно більше калію, у порівнянні із біодобривом на основі свинячого і коров'ячого гною (табл. 1), проте зберігається співвідношення нітрогену, фосфору і магнію.

Рідка фракція дигестату, яка представляє собою над осадову рідину, містить більше поживних елементів у порівнянні із напіврідкою фракцією, це очевидно пов'язано з тим, що сполуки поживних елементів знаходяться у вигляді водорозчинних солей. Цей факт потрібно врахувати, і рекомендувати фермерам вивозити рідку фракцію дигестату, після вивантаження її з біореактора, безпосередньо на поля та швидко вносити у ґрунти. Вартість 1 тонни рідкої фракції дигестату із біореактора, враховуючи вміст поживних елементів, становить всього 582, 44 гривні за 1 тонну (табл. 2).

Таблиця 2

**Розрахунок вартості дигестату отриманого із біореактора
при виробництві біогазу із пелет пшеничної соломи**

Основні елементи живлення	Вміст поживних елементів в біодобриві (кг/т)	Вартість поживної речовини в 1 тонні органічно-мінералізованого добрива із дигестату		
		€/т*	\$/т*	грн/т
Рідка фракція із біореактора після бродіння				
Нітроген	6,0	6,30	6,87	160,08
Фосфор	2,6	2,42	2,64	61,45
Калій	18,7	13,46	14,68	342,21
Магній	2,3	0,74	0,80	18,70
Всього	29,6	22,92	24,99	582,44
Напіврідкий погазований дигестат (6% сухої речовини)				
Нітроген	3,4	3,57	3,88	90,71
Фосфор	1,8	1,67	1,82	42,53
Калій	4,4	3,17	3,48	80,52
Всього	9,6	8,41	9,18	213,76
Гранульований дигестат (92% сухої речовини)				
Нітроген	32	33,60	36,48	853,76
Фосфор	29	26,97	29,29	685,27
Калій	66	47,52	52,14	1207,80
Магній	14	4,48	4,90	113,82
Всього	141	112,57	122,81	2860,65

* – середній курс валют станом на грудень 2019 року

Як видно із таблиці 2, напіврідкий погазований дигестат, в якому об'єм сухої маси становить всього 6%, містить значно менші концентрації поживних елементів у порівнянні із рідкою фракцією, тому його не доцільно вносити у ґрунти відразу ж після вивільнення із біореактора і реалізація його на аграрному ринку буде збитковою, так як вартість становить всього 213,76 гривні за 1 тону.

Аналізуючи ціни різних фракцій дигестату і складові частини ціноутворення цього продукту видно, що набагато вигідніше переробити напіврідкий осад дигестату на гранули, ніж застосовувати його у свіжому вигляді. Отримані гранули зберігатимуться протягом кількох років і ціна їх є майже в 10 разів вищою, та становить 2860, 65 гривень за 1 тону. Також відомо, що норми внесення гранул дигестату в якості біоорганічного

добрива на становлять 3 тонни на 1 га орної землі, при цьому відмічається 100% засвоєність поживних елементів, в 6 разів менші втрати нітрогену, в 6 разів зменшується вививання їх із ґрунту, в порівнянні з органічними добривами на основі гною сільськогосподарських тварин і птиці [18].

Для невеликих фермерських господарств, які утримують худобу чи на відгодівлі чи на молочну продуктивність підраховано, що кожної доби від 3-4 голів худоби можна мати біля 100 кг гною. Тому, для таких фермерів, раціонально використовувати біореактор об'ємом 5 м³, для того щоб його можна було повністю до завантажити відходами тварин і подрібненою рослинною біомасою. З такого біореактора щоденно можна отримувати 200 кг рідкого і напіврідкого дигестату, а за 1 місяць – 6 т. Користуючись нашими розрахунками, щомісячний прибуток від отрима-

ного дигестату, за вартістю поживних елементів, буде 4675,52 гривень. Якщо рідку фракцію можна відразу ж вивезти на поле і внести у ріллю, то напіврідкий дигестат краще переробити на гранули для довготривалого зберігання і при цьому щомісячний прибуток буде 17163,90 гривень від реалізації такого орґано-мінералізованого добрива.

Простий підрахунок показує, що мінімальна біогазова установка з реактором у 5 м³ за рік на орґано-мінералізованих добривах може принести річний дохід до 9000 \$, що повністю перебиває її вартість, і здатна за рік забезпечити добривами 40-80 га орної землі та підвищити врожайність на 20%. При вирощуванні пшениці, з врахуванням мінімальної закупівельної ціни і норм внесення добрив, додатковий прибуток від реалізації зерна, при такому мінімальному підвищенні врожайності становить біля 8000 \$, що пов-

ністю окупає малогабаритну біогазову установку. При вирощуванні більш дорогих культур, прибуток може збільшений у рази [19].

Висновки. Ціну орґано-мінералізованого екологічно чистого добрива, яке отримують після бродильних процесів із біогазового реактора, на основі дигестату, варто формувати сумуючи вартість поживних хімічних елементів з якого воно складається. Враховуючи ціну кожного елемента в мінеральному добриві, яке давно реалізується на аграрному ринку і знаючи вміст цих елементів у дигестаті, можна визначити вартість кожної фракції. Розрахунки ціни орґано-мінералізованого добрива на основі дигестату вказують на доцільність переробки його на гранули безпосередньо на біогазовому заводі. Такі гранули можуть бути успішно реалізовані фермерським господарством.

Список літератури.

1. Малачієв А.М. Проблеми збереження і відтворення родючості ґрунтів України / А.М. Малачієв // Наукові праці "Економічні науки". – 2009. – Т. 109. – Вип. 96. – С.92–95.
2. Балюк С.А. Ґрунтові ресурси України: стан і заходи їх поліпшення / С.А. Балюк // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 6. – С.6–7.
3. Греков В.О. Охорона і відтворення родючості ґрунтів у зональних агросистемах / В.О. Греков, Л.В. Данько // Агроекологічний журнал. – 2009. – № 1. – С.43–45.
4. Горлачук В.В. Проблеми збереження родючості ґрунтів фермерських господарств / В. Горлачук // Економіка України. – 2007. – № 3. – С. 74–78.
5. Дацько Л.В., Майстренко М.І. Екологічні та економічні аспекти сталого землекористування для відтворення родючості ґрунтів // Охорона родючості ґрунтів. – 2012. – № 8. – С. 24–39.
6. Gorlachuk, V.V. and Strichenko, A. (2007), "Problems of preservation of soil fertility of farms", *Ekonomika Ukrayiny*, vol. 3, pp. 74–78.
7. Лапа, В.В. Эффективность внесения органических удобрений, получаемых на выходе действующих биогазовых установок при возделывании кукурузы на дерново-подзолистых почвах / В.В. Лапа, Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 3 (76). – С. 24–27.
8. Montemurro, F. Anaerobic digestates application on fodder crops: effects on plant and soil / F. Montemurro [et al.] // *Agrochimica*. – 2008. – Vol. 52. – P. 297–312.
9. Иовик Л.Н. Использование сброжденного отхода биогазовой установки в качестве органического удобрения (аналитический обзор) // Почвоведение и агрохимия – 2011, № 1(54), – С. 230–237 [Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь].
10. Macadi, M. Digestate: A New Nutrient Source – Review / M. Macadi // *Biogas*; ed. By S. Kumar. – Croatia: InTech, – 2012. – P. 295–310.
11. What is digestate? / A. Schievano [et al.] // *Anaerobic Digestion: Opportunities for Agriculture and Environment*, Milano, January 24–25, 2008 / Regione Lombardia, Università Degli studi di Milano: Ed. by F. Adani, A. Schievano, G. Bossalio. – Italy, 2009. – P. 7–18.
12. Svensson, K. The fertilizing effect of compost and biogas residues from source separated household waste / K. Svensson, M. Odlaire, M. Pell // *J. Agric. Sci.* – 2004. – Vol. 142. – P. 461–467.
13. Дацько Л.В., Майстренко М.І. Екологічні та економічні аспекти сталого землекористування для відтворення родючості ґрунтів // Охорона родючості ґрунтів. – 2012. – № 8. – С. 24–39.
14. Abubaker, J. Biogas residues as fertilisers – effects on wheat growth and soil microbial activities / J. Abubaker // *Applied Energy*. – 2012. – Vol. 99. – P. 126–134.
15. Каминский, А.В. Ветеринарно-гигиеническая оценка навоза, переработанного в биогазовой установке / А.В. Каминский, С.С. Липницкий, М.П. Кучинский // *Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. трудов / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, – 2004. – Т.3. – Ч. 3: Ветеринарные науки. – С. 102–104.*

16. Самосюк, В.Г. Биогазовые технологии в Беларуси: состояние и перспективы / В.Г. Самосюк, Н.Ф. Капустин, А.Н. Басаревский // Мех–ція и электр–ція сельск. хоз–ва: межведомст. тематич. сб. / НАН Беларуси, Научно–практич.центр НАН Беларуси по мех–ції сельск. хоз–ва. – Минск, 2011. – Вып. 45. – С. 234–240.
17. Клочков, А.В. Европейский опыт производства и использования биогаза // А.В. Клочков, Д.В. Кацер / Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 71–76.
18. Использование дигестата в качестве биоудобрений [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://skbvatra.com.ua/informatsiya/ispolzovanie-digestata-v-kachestve-udobrenij/>
19. Українським фермерам доцільно використовувати малі біогазові установки [Електронний ресурс] Режим доступа: <https://ecotown.com.ua/news/Ukrayinskym-fermeram-dotsilno-vykorystovuvaty-mali-biohazovi-ustanovky/>

References:

1. Malachiyev A.M. (2009) Problems of preservation and reproduction of soil fertility in Ukraine. *Scientific works "Economic Sciences"*. Vol. 109. Vyp. 96, pp. 92–95 [in Ukrainian].
2. Balyuk S.A. (2010) Soil Resources of Ukraine: Status and Measures of Improving them. *Bulletin of agrarian science*. № 6, pp. 6–7 [in Ukrainian].
3. Grekov V.A., Danko L.V. (2009) Protection and reproduction of soil fertility in zonal agro-systems. *Agroecological journal*. № 1, pp. 43–45 [in Ukrainian].
4. Gorlachuk V.V. (2007) Problems of preservation of soil fertility of farms. *Economy of Ukraine*. № 3, pp. 74–78 [in Ukrainian].
5. Datsko L.V. and Maystrenko M.I. (2012), "Ecological and economic aspects of sustainable land use for soil fertility reproduction", *Okhorona rodyuchosti hruntiv*, vol. 8, pp. 24–39 [in Ukrainian].
6. Gorlachuk V.V. and Strichenko, A. (2007), "Problems of soil fertility of farms", *Ekonomika Ukrayiny*. vol. 3, pp. 70–74 [in English].
7. Lapa V.V., Gray T.M., Bogatyreva E.N. (2011) Efficiency of application of organic fertilizers obtained at the output of existing biogas plants during cultivation of corn on sod-podzolic soils. *Agriculture and plant protection*. № 3 (76), pp. 24–27. [in Russian].
8. Montemurro, F. (2008) Anaerobic digestates application on fodder crops: effects on plant and soil. *Agrochemica*. Vol. 52, pp. 297–312 [in English].
9. Jovik L.N. (2011) The use of fermented waste biogas plant as an organic fertilizer (analytical review). *Soil Science and Agrochemistry. Polessky Agrarian and Ecological Institute of NAS of Belarus, Brest, Belarus*. № 1 (54), pp. 230–237 [in Russian].
10. Macadi M. (2012) Digestate: A New Nutrient Source Review. *Biogas*; ed. By S. Kumar. *Croatia: InTech*, pp. 295–310 [in English].
11. What is digestate? A. Schievano [et al.]. *Anaerobic Digestion: Opportunities for Agriculture and Anvironment, Milano*, January 24–25, 2008 / Regione Lombardia, Universita Degli studi di Milano: Ed. by F. Adani, A. Schievano, G. Bossalie. Italy, 2009, pp. 7–18 [in English].
12. K. Svensson, M. Odlare, M. Pell. (2004) The fertilizing effect of compost and biogas residues from source separated household waste. *J. Agric. Sci.* Vol. 142, pp. 461–467 [in English].
13. Datsko L.V, Maistrenko M.I. (2012) Ecological and economic aspects of sustainable land use for soil fertility reproduction. *Soil fertility protection*. № 8, pp. 24–39 [in Ukrainian].
14. Abubaker J. (2012) Biogas residues as fertilisers – effects on wheat growth and soil microbial activities. *Applied Energy*. Vol. 99, pp. 126–134 [in English].
15. Kaminsky A.V., Lipnitsky S.S., Kuchinsky M.P. (2004) Veterinary-hygienic evaluation of manure processed in biogas plant. *Agriculture - Problems and Prospects: Sat. scientific works. Grodno state. agrarian un-t. Grodno*, Vol.3. Part 3: *Veterinary Sciences*, pp. 102–104 [in Russian].
16. Samosyuk V.G., Kapustin N.F., Basarevsky A.N. (2011) Biogas technologies in Belarus: state and prospects. *Mechanization and electrification of the village. owner: interagency. thematic. Sat. NAS of Belarus, Scientific and Practical Center of the NAS of Belarus for Rural Mechanics. master. - Minsk*, Issue. 45, pp. 234–240 [in Russian].
17. Klochkov A.V., Katser D.V. (2011) European experience of biogas production and use. *Our agriculture*. № 1, pp. 71–76 [in Russian].
18. Use of digestate as biofertilizers [online]. URL: <https://skbvatra.com.ua/informatsiya/ispolzovanie-digestata-v-kachestve-udobrenij/> [in Russian].
19. It is advisable for Ukrainian farmers to use small biogas plants [online]. URL: <https://ecotown.com.ua/news/Ukrayinskym-fermeram-dotsilno-vykorystovuvaty-mali-biohazovi-ustanovky/> [in Ukrainian].