

ЕМІСІЯ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ З ГНОЮ СВИНЕЙ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ДОЗ СУПЕРФОСФАТУ ТА ГАШЕНОГО ВАПНА

На основі результатів експериментальних досліджень встановлено ефективний вплив суперфосфату та гашеного вапна на зниження процесів анаеробного бродіння впродовж досліджуваного періоду в гної свиней, що підтверджується зменшенням показника рН. Водночас із нижчим рівнем рН у збродженому субстраті із додаванням добрив, незалежно від дози, відбувається зменшення емісії досліджуваних парникових газів – метану (CH₄), вуглекислого газу (CO₂) й оксиду азоту (NO). Експериментально доведено, що найефективніша дія суперфосфату та гашеного вапна на зниження обсягу виділення CH₄, CO₂ і NO з гною свиней спостерігається на сьому добу після їх внесення і зберігається практично на одному рівні впродовж 7 діб з подальшим зменшенням до завершення досліджень (31 доба). Зокрема, аналізуючи одержані експериментальні дані, встановлено, що у варіантах із суперфосфатом у дозах 2,5 %; 5 і 10 % відбувається зменшення емісії метану з збродженого субстрату відповідно на 11,5 %; 6,9 й 3,8 %, тоді як застосування гашеного вапна в аналогічних кількостях обумовлює нижчий рівень цього газу на 7,5 %; 6,4 і 4,3 %. Внесення у гній свиней суперфосфату та гашеного вапна у дозі 2,5 % також сприяє зменшенню емісії вуглекислого газу відповідно на 10,7 і 25,5 %, у кількості 5 % – на 7,3 та 17,2 %, а при рівні 10 % – на 6,1 й 13,4 % порівняно з контролем. Застосування суперфосфату у дозах 2,5 %; 5 і 10 % обумовлює нижчий рівень виділення оксиду азоту з збродженого субстрату на 12,1 %; 7,3 та 5,4 %, а у варіантах із гашеним вапном емісія NO зменшується відповідно на 17,4 %; 8,1 й 6,1 %. Таким чином, за результатами досліджень встановлено, що оптимальною дозою застосування суперфосфату і гашеного вапна для зниження рівня виділення парникових газів – CH₄, CO₂ і NO – з гною свиней є 2,5 %.

Враховуючи наведене, проведені дослідження вказують на перспективність використання досліджуваних добрив для запобігання забрудненню навколишнього природного середовища при зберіганні побічної продукції тваринного походження у гноєсховищах (лагунах) та у приміщеннях для утримання свиней.

Ключові слова: гній свиней, парникові гази, метан, вуглекислий газ, оксид азоту, добрива.

Mariia Vorobel

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Greenhouse gases emission from pig manure by the use of superphosphate and slaked lime in different doses

On the basis of experimental researches' results, the effective influence of superphosphate and slaked lime on reducing anaerobic fermentation during the investigated period in pig manure was established, which is confirmed by a decrease in pH. Simultaneously with the lower pH level in the fermented substrate with the addition of fertilizers, regardless of the dose, there is a decrease in emission of investigated greenhouse gases – methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂) and nitric oxide (NO). It has been experimentally proven that most effective influence of superphosphate and slaked lime on reducing the emissions of CH₄, CO₂ and NO from pig manure is observed on the seventh day after application and remains almost the same for 7 days with further reduction until the end of research (31 day). In particular, analyzing the obtained experimental data, it was found that in the variants with superphosphate in doses of 2.5 %; 5 and 10 % there is a reduction in methane emissions from fermented substrate, respectively, by 11.5 %; 6.9 and 3.8 %, while the using of slaked lime in similar quantities causes a lower level of this gas by 7.5 %; 6.4 and 4.3 %. Application of superphosphate and slaked lime in the manure of pigs at a dose of 2.5 % also contributes to reduction in carbonic gas emissions, respectively, by 10.7 and 25.5 %, in the amount of 5 % – by 7.3 and 17.2 %, and at the level of 10 % – by 6.1 and 13.4 %, compared with the control. The use of superphosphate in doses 2.5 %; 5 and 10 % causes to a lower level of nitric oxide emissions from the fermented substrate by 12.1 %; 7.3 and 5.4 %, and in the variants with slaked lime NO emissions are reduced, respectively, by 17.4 %; 8.1 and 6.1 %. Thus, the results of research show that the optimal dose of superphosphate and slaked lime for reducing the level of greenhouse gases emissions – CH₄, CO₂ and NO – from pig manure is 2.5 %.

Given the above, the research indicate the perspective of using the investigated fertilizers to prevent environmental pollution in the storage of animal by-products in manure storages (lagoons) and in facilities for pigs.

Key words: pig manure, greenhouse gases, methane, carbon dioxide, nitric oxide, fertilizers.

Вступ. Діяльність агропромислових сільськогосподарських підприємств обумовлює накопичення, крім основної, значного обсягу побічної продукції тваринного походження, а зокрема відходів, під час розкладання яких як в аеробних, так і анаеробних умовах відбувається утворення й емісія в навколишнє природне середовище великої кількості шкідливих речовин різного походження, зокрема й парникових газів [9, 16, 21, 29, 33, 36]. Найбільш поширеними довгоіснуючими парниковими газами в атмосфері після водяної пари є вуглекислий газ, метан й закис азоту, на які припадає відповідно 76 %, 206

18 та 7%. Така пропорція зберігається впродовж останнього десятиліття і є достатньо постійною [13, 14, 17, 25]. Парникові гази виступають рухомими факторами зміни клімату на планеті, що є найактуальнішою екологічною проблемою сьогодення [2, 22, 24, 27, 32]. Кліматичні зміни проявляються у зростанні середньорічної температури повітря на поверхні планети, що обумовлює підвищення рівня океанів, зростання кількості природних катастроф і катаклізмів (опустелювання, зсуви, урагани), виникнення кислотних дощів, утворення атмосферного аерозолу й зменшення запасів питної води тощо [4, 6, 8, 19, 26]. Для оцінки загальних викидів парникових газів актуальним є потенціал глобального потепління (ПГП), який визначає ступінь впливу CH_4 та N_2O на зміну клімату з урахуванням фіксованого періоду порівняно з CO_2 , ПГП якого як еталонного газу рівний 1 [34]. Так, зокрема, деякі дослідники вважають, що потенціал впливу метану за 100-річний період на клімат в 21 раз вищий [17, 30], ніж вуглекислого газу, а інші автори – в 23 рази [38], 25 [31], 28 [34, 39] або 34 рази [33, 34], а цей парниковий газ здатний накопичуватися в атмосфері до 12 років [1]. Згідно з низкою досліджень, таку ж невідповідність мають викиди N_2O , що є парниковим газом з дуже високим ПГП, який у 265–310 разів більший щодо CO_2 [1, 17, 31, 34, 35, 38, 39]. Крім того, закис азоту сприяє деструкції стратосферного озонового шару, який захищає живі організми від шкідливого ультрафіолетового випромінювання сонця [1, 39]. За останніми даними, концентрація цих парникових газів у атмосфері значно зросла, а зокрема кількість вуглекислого газу збільшилася на 40 %, що є найбільшим рівнем за останні 650 тис. років, тоді як концентрація метану порівняно з доіндустріальним періодом зросла у 2,4 разу, а закису азоту – на 20 % [11, 19, 26, 28]. Прогнозують, що обсяги викидів основних парникових газів до 2030 р. за умови недотримання низки заходів щодо поліпшення ситуації збільшаться на 25–90 % щодо показників 2000 р. [26].

На Паризькій конференції зі зміни клімату у 2015 р. зазначено, що антропогенний вплив на 95 % визначає загрозу потепління клімату [13, 14]. У доповіді Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) також відзначено, що значний вплив на глобальне потепління вносить сільське господарство, на яке припадає 10–12 % світових обсягів викидів парникових газів [7, 24, 27, 34, 35, 37]. Якщо ж врахувати ще й вирубування лісів, у чому сільське господарство відіграє провідну роль, то його частка в загальних викидах парникових газів зростає до 30 % [6]. З другого боку, сільське господарство є

ключовим сектором, який поряд із лісовим господарством за ефективної діяльності може стабілізувати процес надходження шкідливих газів до атмосфери [11, 20, 26].

Галузь свинарства в загальній структурі тваринництва за обсягами викидів парникових газів займає друге місце після скотарства, а за виділенням їх з гною – перше [18]. Зокрема, викиди метану від метаболічних процесів травлення в організмі свиней становлять 1,5 кг/голову/рік, а від розкладання гною – 3,19 кг/голову/рік. Згідно із Національним кадастром антропогенних викидів парникових газів друге місце за обсягами їх утворення в Україні належить виділеним екскрементам тварин: на галузь свинарства припадає 46 %, скотарства – 30 %, птахівництва – 20 %, а на інші галузі тваринництва – 4 % [5]. Отже, сільське господарство в цілому, і свинарство зокрема, обумовлює серйозні проблеми у збереженні екологічної чистоти навколишнього природного середовища, внаслідок забруднення повітряного басейну, водних джерел та ґрунту, що зумовлює зниження ефективності ведення агропромислового виробництва [3, 10, 12, 15].

Враховуючи наведене, глобальність і темпи зміни клімату спонукають до пошуку ефективних підходів та способів зменшення рівня забруднення довкілля парниковими газами, зокрема від галузі свинарства, що має важливе наукове й практичне значення і є невідкладним та своєчасним завданням сучасної науки. Тому метою досліджень було встановлення рівня емісії парникових газів – CH_4 , CO_2 , NO – з гною свиней за анаеробного бродіння при внесенні різних доз суперфосфату і гашеного вапна у субстрати гною, визначення їх оптимальних доз, тривалості та ефективної дії.

Матеріали і методи. Експериментальні дослідження з встановлення ефективності впливу різних доз добрив на зниження рівня виділення парникових газів з гною свиней здійснено з використанням експериментально-лабораторних, статистично-математичних та аналітичних методів. Для виконання експерименту відібрано зразки гною свиней у ДП «ДГ „Радехівське”» ІСГ Карпатського регіону НААН.

Дослідження проведено за методикою Скляра О. Г. та ін. [23]. У експерименті використовували герметично закриті ємності для забезпечення анаеробних умов. Для дотримання стабільності процесу анаеробного бродіння вологість субстрату доводили до 92 % додаванням води. У процесі проведення експерименту здійснювали контроль за температурою (психрофільний режим). Після

проходження етапів гідролізу, окиснення, ацетогенезу на 11 добу в зброджений субстрат гною свиней додавали добрива у різних дозах, представлені у таких варіантах: I – контроль (без внесення речовин); II – суперфосфат, 2,5%; III – суперфосфат, 5 %; IV – суперфосфат, 10 %; V – гашене вапно, 2,5 %; VI – гашене вапно, 5 %; VII – гашене вапно, 10 %. Кожен варіант досліду мав трикратну повторність. У контролі й дослідних варіантах проводили вимірювання рівня газів – CH_4 , CO_2 та NO – через добу після внесення речовин, а в подальшому кожні три доби до завершення досліджень. Визначення кількості виділення досліджуваних парникових газів при анаеробній ферментації гною свиней здійснювали за допомогою сигналізатора-аналізатора газів Дозор С-М-5 (сертифікат перевірки приладу типу UA.TR.001 212-18 і сертифікат відповідності № UA.TR.002.CB.1234-19). У процесі проведення експерименту визначали водневий показник (pH) (на початку та після завершення досліджень) за допомогою приладу рН-метр Тур N5170 (виробництво Польщі). Впродовж експериментальних досліджень субстрат перемішували шляхом інтенсивного струшування ємностей. Аналогічні контрольному варіанту умови перебігу процесу біоферментації були як у варіанті, де анаеробне зброджування субстрату відбувалося за рахунок природної мікрофлори гною, так і в дослідних аналогах із внесенням досліджуваних добрив у різних дозах.

Статистичний аналіз одержаних результатів досліджень проводили з допомогою програм *Microsoft Excel* та *AtteStat* з використанням *t*-критерію Стьюдента. Вираховували середні арифметичні величини (M) та їх похибки (m). Різниці між середніми арифметичними величинами вважали вірогідними за: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

Результати та обговорення. Ключовим фактором, що визначає спрямованість анаеробного бродіння, є водневий показник (pH), саме тому під час експериментальних досліджень вимірювали кислотність досліджуваного субстрату. Так, зокрема, встановлено, що в усіх варіантах до внесення досліджуваних речовин на початку експерименту, а в контролі і після його завершення pH субстрату гною свиней (рис. 1) було в межах 6,2–6,5, тоді як внесення досліджуваних добрив обумовлювало зниження водневого показника, а саме: у варіантах із суперфосфатом – до 5,81, а з гашеним вапном – до 5,6, що свідчить про пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів внаслідок зростання концентрації іонів H^+ .

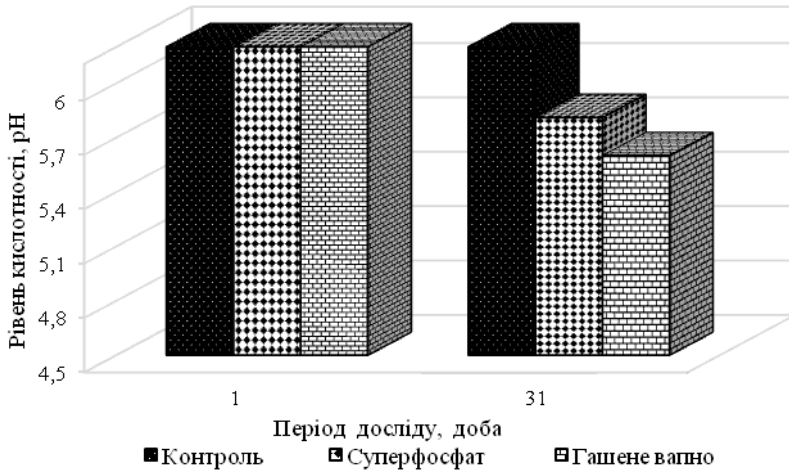


Рис. 1. Рівень кислотності у варіантах із застосуванням добрив

Встановлено, що досліджувані добрива після внесення у зброжений субстрат водночас із зменшенням показника рН обумовлюють зниження емісії парникових газів – CH_4 , CO_2 та NO .

Аналіз одержаних результатів свідчить, що найефективніший вплив на зниження рівня виділення парникових газів – CH_4 , CO_2 (табл.) й NO – з гною свиней при додаванні різних доз суперфосфату й гашеного вапна відзначено на сьому добу. Водночас із цим пролонгованість ефективної дії на зменшення емісії досліджуваних газів із зброженого субстрату за використання добрив зберігалася практично на одному рівні впродовж 7 діб з подальшим поступовим її зниженням до 31 доби досліджень.

Встановлено, що після внесення в досліджуваний субстрат суперфосфату в різних дозах – 2,5 %; 5 та 10 % – відбувається зниження рівня виділення метану щодо контрольного аналога, а саме: 1 доба – на 9,8 % ($P < 0,05$); 6,2 і 3,6 % з підвищенням ефективності дії на 7 добу відповідно до 11,5 % ($P < 0,01$); 6,9 й 3,8 %, а в останню добу експерименту – на 3,1 % ($P < 0,05$); 0,8 та 0,1 %. Внаслідок додавання до гною свиней гашеного вапна в зазначених вище кількостях спостерігали зменшення емісії CH_4 , залежно від доби експерименту, відповідно на 6,7 % ($P < 0,05$); 5,4 й 3,8 % – 1 доба, на 7,5 % ($P < 0,05$); 6,4 ($P < 0,05$) та 4,3 % – 7 доба, на 0,8 %; +0,3 і 0,1 % – 31 доба досліджень порівняно з контролем.

Вплив добрив на емісію CH₄ та CO₂ з гною свиней, M±m, n=3

Термін від початку внесення добрив, діб	Показники рівня виділення парникових газів з розрахунку на 1 кг гною свиней вологістю 92 %						
	CH ₄			CO ₂			
	Контр- роль	Супер- фосфат	Гашене вапно	Контроль	Супер- фосфат	Гашене вапно	
		2,5 %	2,5 %			2,5 %	2,5 %
		5,0 %	5,0 %			5,0 %	5,0 %
		10,0 %		10,0 %	10,0 %		
1	3,4±0,02	3,07±0,09*	3,17±0,05*	12,7±0,73	11,45±0,43	10,12±0,34*	
		3,19±0,08	3,22±0,07		11,88±0,30	10,89±0,40	
		3,28±0,05	3,27±0,05		12,03±0,83	11,39±0,46	
4	4,6±0,05	4,12±0,10*	4,27±0,06*	11,54±0,52	10,35±0,48	8,8±0,44*	
		4,31±0,09	4,32±0,09		10,76±0,59	9,88±0,52	
		4,43±0,04	4,44±0,07		10,86±0,83	10,15±0,49	
7	5,5±0,03	4,87±0,07**	5,09±0,09*	10,68±0,60	9,54±0,41	7,96±0,48*	
		5,12±0,14	5,15±0,08*		9,9±0,34	8,85±0,45	
		5,29±0,07	5,26±0,08		10,03±0,77	9,25±0,49	
10	7,30±0,05	6,48±0,18*	6,76±0,06**	8,65±0,48	7,78±0,40	6,48±0,33*	
		6,81±0,12*	6,84±0,04**		8,03±0,35	7,19±0,52	
		7,04±0,08	7,0±0,10		8,13±0,78	7,52±0,48	
13	6,80±0,04	6,1±0,08**	6,32±0,10*	9,25±0,38	8,39±0,39	7,11±0,49*	
		6,38±0,10*	6,4±0,14		8,71±0,50	7,84±0,51	
		6,58±0,08	6,52±0,09		8,74±0,67	8,19±0,54	
16	5,65±0,06	5,09±0,11*	5,27±0,06*	10,35±0,48	9,43±0,45	8,26±0,33*	
		5,31±0,05*	5,35±0,04*		9,82±0,23	8,83±0,45	
		5,47±0,05	5,43±0,06		9,84±0,72	9,37±0,51	
19	5,15±0,04	4,71±0,05**	4,81±0,03**	10,95±0,48	10,17±0,49	8,94±0,47*	
		4,85±0,12	4,9±0,06*		10,43±0,28	9,43±0,56	
		4,99±0,03*	4,96±0,08		10,49±0,70	10,0±0,50	
22	4,95±0,04	4,6±0,08*	4,69±0,06*	11,48±0,67	10,75±0,43	9,84±0,18	
		4,71±0,08	4,79±0,05		11,07±0,32	10,27±0,52	
		4,83±0,03	4,82±0,04		11,04±0,96	10,66±0,44	
25	4,84±0,05	4,53±0,05*	4,63±0,03*	12,75±0,18	12,05±0,31	11,08±0,42*	
		4,66±0,05	4,74±0,04		12,41±0,37	11,67±0,53	
		4,76±0,03	4,76±0,01		12,35±0,90	11,93±0,51	
28	4,67±0,05	4,44±0,04*	4,57±0,09	13,25±0,63	12,7±0,40	11,78±0,45	
		4,58±0,03	4,62±0,03		12,99±0,39	12,25±0,47	
		4,64±0,04	4,65±0,03		13,01±0,71	12,53±0,29	
31	4,5±0,02	4,36±0,04*	4,47±0,03	14,1±0,85	13,64±0,44	13,05±0,49	
		4,46±0,04	4,51±0,03		13,98±0,44	13,21±0,51	
		4,49±0,05	4,5±0,03		14,04±0,73	13,43±0,51	

Примітка. Різниця вірогідна щодо контролю: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001.

Використання різних доз суперфосфату та гашеного вапна також має позитивний вплив на зниження рівня виділення вуглекислого газу з досліджуваного субстрату. Встановлено, що внесення у гній свиней суперфосфату, залежно від кількостей – 2,5 %; 5 й 10 %, – обумовлює зменшення емісії CO₂ в процесі анаеробного бродіння – відповідно 1 доба – на 9,8 %; 6,4 і 5,3 %, 7 доба – на 10,7 %; 7,3 та 6,1 %, а в останню добу експерименту – на 3,3 %; 0,8 й 0,5 % щодо контрольного аналога. Отримані експериментальні дані свідчать, що у варіантах із додаванням у досліджуваній субстрат гашеного вапна в аналогічних дозах спостерігається нижчий рівень виділення вуглекислого газу щодо контролю на 20,3 %; 14,2 і 10,4 % – 1 доба, на 25,5 % (P<0,05); 17,2 та 13,4 % – 7 доба, на 7,4 %; 6,3 й 4,8 % – 31 доба.

За результатами досліджень встановлено, що використання суперфосфату в кількостях 2,5 %; 5 і 10 % сприяє зменшенню емісії NO (рис. 2) з гною свиней при анаеробній ферментації, а саме: 1 доба – на 9,3 %; 5,7 та 4,7 %, 7 доба – на 12,1 %; 7,3 й 5,4 %, а в останню добу експерименту показники оксиду азоту знаходилися в усіх варіантах практично на рівні контролю. При внесенні у зброджений субстрат гашеного вапна в аналогічних дозах відбувається зниження емісії оксиду азоту, залежно від доби, відповідно: на 12,5 %; 7,0 і 4,9 % – 1 доба, на 17,4 % (P<0,05); 8,1 і 6,1 % – 7 доба, на 5,1 %; 0,6 та 0,3 % – 31 доба щодо контролю.

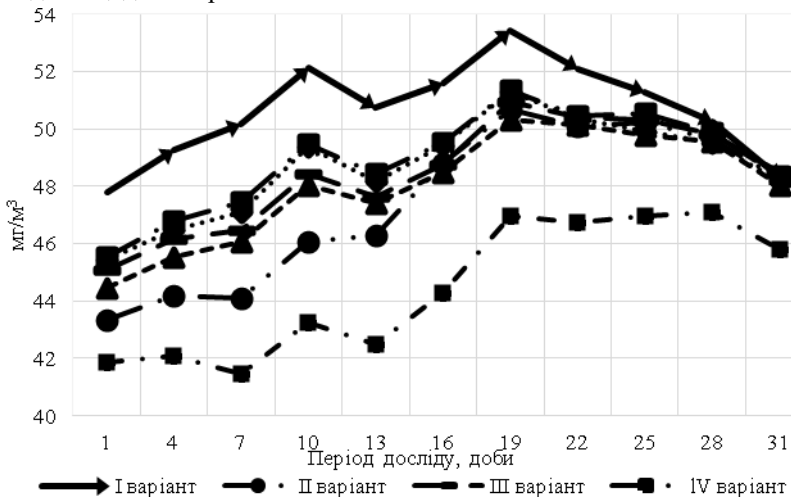


Рис. 2. Рівень виділення NO з гною свиней у варіантах із застосуванням різних доз добрив

Отже, аналізуючи одержані дані, слід зазначити, що досліджувані добрива – суперфосфат та гашене вапно – при анаеробному бродінні гною свиней проявляють ефективну дію на зменшення рівня виділення парникових газів – CH_4 , CO_2 та NO . Експериментально доведено, що найефективнішу дію на зниження емісії досліджуваних газів із зброженого субстрату спостерігали у варіантах із суперфосфатом і гашеним вапном у дозі 2,5 %, тоді як збільшення внесення добрив до 5 і 10 % не показало кращого результату.

При порівняльній оцінці впливу добрив на рівень виділення парникових газів з гною свиней встановлено, що використання гашеного вапна у кількості 2,5 % ефективніше впливає на зменшення емісії CO_2 й NO з досліджуваного субстрату – на 25,5 % і 17,4 %. Водночас із цим суперфосфат в аналогічній дозі обумовлює нижчий рівень CH_4 із зброженого субстрату щодо контролю – на 11,5 %, а порівняно з гашеним вапном – на 4,0 %.

Таким чином, одержані результати свідчать про перспективність використання досліджуваних добрив для зменшення емісії парникових газів безпосередньо в приміщеннях, де утримують свиней, і в гноєсховищах (лагунах) при зберіганні побічної продукції тваринного походження. Однак для підтвердження використання отриманих даних у рекомендованому напрямі потрібно провести серію експериментів безпосередньо у виробничих умовах, що і заплановано у наших подальших дослідженнях.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено ефективну дію на зниження рівня виділення парникових газів – CH_4 , CO_2 та NO – із гною свиней при анаеробній ферментації різних доз – 2,5 %; 5 і 10 % – досліджуваних добрив. Експериментально доведено, що використання суперфосфату та гашеного вапна найефективніше у дозі 2,5 % і сприяє зменшенню емісії CH_4 , CO_2 й NO із зброженого субстрату гною свиней відповідно на 10,7–12,1 та 7,5–25,5 %.

Список використаної літератури

1. Бінковська Г. В., Шаніна Т. П. Оцінка обсягів викидів парникових газів в системах поводження з сільськогосподарськими відходами Одеської області. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2016. Вип. 14. С. 91–97.
2. Біохімічні аспекти зменшення метаногенезу в рубці жуйних тварин

References

1. Binkovska H. V., Shanina T. P. Evaluation of greenhouse gas emissions in the systems of handling with agricultural wastes in Odessa region. *Visnyk KhNU imeni V. N. Karazina. Seriya «Ekologiya»*. 2016. Issue 14. P. 91–97.
2. Biochemical aspects of reducing methanogenesis in rumen of ruminants / H. O. Bohdanov et al. *Visnyk aharnoi*

/Г. О. Богданов та ін. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 9. С. 20–24.

3. Болтянський Б. В., Мовчан С. І., Дереза С. В. Використання відходів тваринництва та птахівництва. Матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму «Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції» (м. Мелітополь, 21–22 черв. 2019 р.). Мелітополь, 2019. Ч. 1. С. 61–64.

4. Воробель М. І., Мороз В. В., Каплінський В. В. Ефективність впливу біокомпозиції з грибів *Basidiomycota* на рівень виділення вуглекислого газу з гною ВРХ. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 4. С. 69–74. DOI: 10.31073/agrovisnyk202004-10.

5. Герман В. В. Екологічна безпека при виробництві тваринницької продукції. *Агроекологічний журнал*. 2009. № 2. С. 5–8.

6. Дем'яненко С., Бутко В. Стратегія адаптації аграрних підприємств України до глобальних змін клімату. *Економіка України*. 2012. № 6. С. 66–72.

7. До питання розрахунку викидів парникових газів відходів тваринництва / М. О. Захаренко та ін. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6, № 3/4. С. 63–70.

8. Емісія парникових газів у курячому посліді при застосуванні природних сорбентів / М. І. Воробель та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69 (1). С. 169–182. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-1-11.

9. Жукорський О. М., Никифорук О. В. Галузь свинарства – реальна та прогнозована загроза для довкілля. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 3. С. 102–107.

10. Калашнікова Т. В. Інституційні засади сталого розвитку свинарства в Україні. Матеріали VIII Всеукраїнської наук.-практ. конф. «Екологічні та соціальні аспекти розвитку економіки в умовах євроінтеграції» (м. Миколаїв, 12–14 трав. 2021 р.). Миколаїв, 2021. С. 39–42.

11. Криворученко З. Р. Тенденції та можливі наслідки глобальних та

науку. 2007. No. 9. P. 20–24.

3. Boltianskyi B. V., Movchan S. I., Dereza S. V. Use of livestock and poultry waste. Materialy Mizhnar. nauk.-prakt. forumu «Suchasni naukovi doslidzhennia na shliakhu do yevrointehratsii» (m. Melitopol, 21–22 cherv. 2019 r.). Melitopol, 2019. Part 1. P. 61–64.

4. Vorobel M. I., Moroz V. V., Kaplinskyi V. V. The effectiveness of influence biocomposition of fungi *Basidiomycota* upon the emission of carbon dioxide from cattle manure. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. No. 4. P. 69–74. DOI: 10.31073/agrovisnyk202004-10.

5. Herman V. V. Ecological safety in the production of livestock products. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2009. No. 2. P. 5–8.

6. Demianenko S., Butko V. Strategy of adaptation of agricultural enterprises of Ukraine to global climate change. *Ekonomika Ukrainy*. 2012. No. 6. P. 66–72.

7. On the question of calculation the greenhouse gas emissions of livestock waste / M. O. Zakharenko et al. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2014. Vol. 6, No. 3/4. P. 63–70.

8. Greenhouse gas emissions in chicken dung at the using of natural sorbents / M. I. Vorobel et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*. 2021. Issue 69 (1). P. 169–182. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-1-11.

9. Zhukorskyi O. M., Nykyforuk O. V. Pig industry – a real and projected threat to the environment. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2013. No. 3. P. 102–107.

10. Kalashnikova T. V. Institutional principles of sustainable development of pig breeding in Ukraine. Materialy VIII Vseukrainskoi nauk.-prakt. konf. «Ekolohichni ta sotsialni aspekty rozvytku ekonomiky v umovakh yevrointehratsii» (m. Mykolaiv, 12–14 trav. 2021 r.). Mykolaiv, 2021. P. 39–42.

11. Kryvoruchenko Z. R. Trends and possible consequences of global and regional climate change. *Derzhavne upravlinnia: udoskonalennia ta rozvytok*. 2014. No. 9.

- регіональних змін клімату. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2014. № 9. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=754> (дата звернення: 16.01.2022).
12. Лещук І. Вплив інтенсивного тваринництва на навколишнє середовище. *Екологія життя*. 2012. URL: <http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/vpliv-intensivnogo-tvarinnitstva-na-navkolishne-seredovishche> (дата звернення: 28.01.2022).
13. Ляшенко М. В. Екологічна парадигма локалізації виробництва продукції тваринництва. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 11. С. 70–75.
14. Ляшенко М. В. Синергія інноваційного та екологобезпечного підходів у розвитку тваринництва в Україні. *Інвестиції: практика та досвід*. 2019. № 15. С. 57–62. DOI: 10.32702/2306_6814.2019.15.57.
15. Маменко О. М. Екологічні проблеми тваринництва. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 4. С. 11–17.
16. Метан і парниковий ефект атмосфери (екологічні, біохімічні та мікробіологічні аспекти) / Л. І. Сологуб та ін. Львів : ПАІС, 2008. 276 с.
17. Михайлова Є. О. Викиди парникових газів в Україні та світі. Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Проблеми техногенно-екологічної безпеки: освіта, наука, практика» (м. Харків, 24 листоп. 2016 р.). Харків, 2016. С. 183–184.
18. Никифоруک О. В., Жукорський О. М. Емісія парникових газів від свиноферм різної потужності. *Науковий вісник "Асканія-Нова"*. 2014. Вип. 7. С. 244–252.
19. Омаров А. Е. Сучасний стан екологічної безпеки в Україні. *Вісник Національного університету цивільного захисту України. Серія «Державне управління»*. 2017. № 2. С. 156–164.
20. Пелих Н. Л., Панкєв С. П. Екологічні проблеми утилізації відходів свинарства. Збірник матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. «Роль наук про Землю в URL:
- <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=754> (last accessed: 16.01.2022).
12. Leshchuk I. The influence of intensive animal husbandry on the environment. *Ekolohiia zhyttia*. 2012. URL: <http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/vpliv-intensivnogo-tvarinnitstva-na-navkolishne-seredovishche> (last accessed: 28.01.2022).
13. Liashenko M. V. Environmental paradigm of localization livestock production. *Investytsii: praktyka ta dosvid*. 2018. No. 11. P. 70–75.
14. Liashenko M. V. Synergy of innovative and ecologically safe approaches in livestock development in Ukraine. *Investytsii: praktyka ta dosvid*. 2019. No 15. P. 57–62. DOI: 10.32702/2306_6814.2019.15.57.
15. Mamenko O. M. Ecological problems of livestock. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2007. No. 4. P. 11–17.
16. Methane and the greenhouse effect of the atmosphere (environmental, biochemical and microbiological aspects) / L. I. Solohub et al. Lviv : PAIS, 2008. 276 p.
17. Mykhailova Ye. O. Greenhouse gas emissions in Ukraine and the world. *Materialy vseukr. nauk.-prakt. konf. «Problemy tekhnogenno-ekolohichnoi bezpeky: osvita, nauka, praktyka»* (m. Kharkiv, 24 lystop. 2016 r.). Kharkiv, 2016. P. 183–184.
18. Nykyforuk O. V., Zhukorskyi O. M. Greenhouse gases emissions from pig farms of different capacity. *Naukovyi visnyk "Askaniia-Nova"*. 2014. Issue 7. P. 244–252.
19. Omarov A. E. State of ecological safety in Ukraine. *Visnyk Natsionalnoho universytetu tsyvilnoho zakhystu Ukrainy. Seriya «Derzhavne upravlinnia»*. 2017. No 2. P. 156–164.
20. Pelykh N. L., Pankiev S. P. Environmental problems of pig waste disposal. *Zbirnyk materialiv Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Rol nauk pro Zemliu v narodnomu hospodarstvi: stan i perspektyvy (prysviachena Vsesvitnomu Dniu Zemli)»* (m. Kherson, 20 berez. 2019 r.). Kherson, 2019. P. 207–210.

народному господарстві: стан і перспективи (присвячена Всесвітньому Дню Землі)» (м. Херсон, 20 берез. 2019 р.). Херсон, 2019. С. 207–210.

21. Пінчук В. О. Емісія парникових газів у галузі тваринництва України. *Біоресурси і природокористування*. 2015. Т. 7, № 1/2. С. 115–118.

22. Рекомендації з оцінки метаногенезу і емісії метану великою рогатою худобою / В. В. Влізла та ін. Київ, 2011. 34 с.

23. Скляр О. В., Скляр Р. В., Григоренко С. М. Програма та методика експериментальних досліджень на лабораторній біогазовій установці. *Вісник Харківського національного університету сільського господарства імені П. Василенка*. 2019. Вип. 199. С. 267–275.

24. Стасів О. Ф., Котько Н. М. Агровиробничі ризики та можливості глобальних змін клімату для розвитку сільськогосподарського сектора України. *Scientific Collection «InterConf»*. 2020. № 3 (39). С. 162–164.

25. Тимчук В. М., Тимчук С. М. Глобальні зміни клімату: парниковий ефект. *Агробізнес сьогодні*. 2016. № 1/2 (320/321). С. 58. URL: http://www.agrobusiness.com.ua/agrobusiness/archive.html?func=show_edition&id=142 (дата звернення: 10.02.2022).

26. Удова Л. О., Прокопенко К. О., Дідковська Л. І. Вплив зміни клімату на розвиток аграрного виробництва. *Економіка сільського господарства*. 2014. № 3. С. 107–120.

27. Ходорчук В. Я., Алієва І. В., Марткоплішвілі М. М. Мінімізація емісії парникових газів у сільському господарстві. *Аграрний вісник Півдня*. 2014. № 1. С. 168–173.

28. Холод М. Емісія парникових газів та формування ринку квот на їх викиди. *Вісник Сумського ДУ*. 2009. № 2. С. 35–42.

29. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions: Review / J. M.-F. Johnson et al. *Environmental Pollution*. 2007. Vol. 150. P. 107–124.

30. Agriculture, forestry and other land

21. Pinchuk V. O. Greenhouse gas emissions in livestock Ukraine. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2015. Vol. 7, No. 1/2. P. 115–118.

22. Recommendations for the assessment of methanogenesis and methane emissions by cattle / V. V. Vlizlo et al. Kyiv, 2011. 34 p.

23. Skliar O. V., Skliar R. V., Hryhorenko S. M. Program and method of experimental researches on laboratory biogasous installation. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni P. Vasylenka*. 2019. Issue 199. P. 267–275.

24. Stasiv O. F., Kotko N. M. Agricultural risks and opportunities of global climate change for the development of the agricultural sector of Ukraine. *Scientific Collection «InterConf»*. 2020. No. 3 (39). P. 162–164.

25. Tymchuk V. M., Tymchuk S. M. Global climate change: the greenhouse effect. *Ahrobiznes sohodni*. 2016. No. 1/2 (320/321). P. 58. URL: http://www.agrobusiness.com.ua/agrobusiness/archive.html?func=show_edition&id=142 (last accessed: 10.02.2022).

26. Udova L. O., Prokopenko K. O., Didkovska L. I. The impact of climate change on the development of agricultural production. *Ekonomika silskoho hospodarstva*. 2014. No. 3. P. 107–120.

27. Khodorchuk V. Ya., Aliieva I. V., Martkoplshvili M. M. Minimization of greenhouses gas emissions from agriculture. *Ahrarnyi visnyk Pivdnia*. 2014. No. 1. P. 168–173.

28. Kholod M. The emission of greenhouse gases and the formation of the market of quotas on emissions. *Visnyk Sumskoho DU*. 2009. No. 2. P. 35–42.

29. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions: Review / J. M.-F. Johnson et al. *Environmental Pollution*. 2007. Vol. 150. P. 107–124.

30. Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks. 1990–2011 analysis / F. N. Tubiello et al. FAO Statistics Division, Working Paper Series ESS/14-02. 2014. 89 p. URL:

- use emissions by sources and removals by sinks. 1990–2011 analysis / F. N. Tubiello et al. FAO Statistics Division, Working Paper Series ESS/14-02. 2014. 89 p. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749107003016> (last accessed: 12.02.2022).
31. Asgedom H., Kebreab E. Beneficial management practices and mitigation of greenhouse gas emissions in the agriculture of the Canadian Prairie: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2011. Vol. 31. P. 433–451. DOI: 10.1007/s13593-011-0016-2.
32. Biochemical aspects of mitigation of methane emission in atmosphere by ruminants / G. Bogdanov et al. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2008. Vol. 48 (1/2). URL: <https://www.publish.csiro.au/EA/pdf/EA48n2posters> (last accessed: 13.02.2022).
33. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems / M. Herrero et al. *PNAS*. 2013. Vol. 110, No. 52. P. 20888–20893. DOI: 10.1073/PNAS.1308149110.
34. Caro D. Greenhouse gas and livestock emissions and climate change. *Encyclopedia of food security and sustainability*. 2019. Vol. 1. P. 228–232. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22012-X.
35. Greenhouse gas emissions from different pig manure management techniques: a critical analysis / C. Dennehy et al. *Frontiers of Environmental Science and Engineering*. 2017. Vol. 11 (3), Issue 11. P. 11–16. URL: <https://ro.uow.edu.au/eispapers1/322> (last accessed: 21.11.2021).
36. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains: A global life cycle assessment / M. MacLeod et al. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. 172 p.
37. Greenhouse gas mitigation in agriculture / P. Smith et al. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2008. Vol. 363. P. 789–813. DOI: 10.1098/RSTB.2007.2184.
38. Koneswaran G., Nierenberg D. Global farm animal production and global warming: Impacting and mitigating climate change. *Environ. Health Perspect*. 2008. Vol. 116, No. 5. P. 578–582. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.11034>.
39. Marszałek M., Kowalski Z., <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749107003016> (last accessed: 12.02.2022).
31. Asgedom H., Kebreab E. Beneficial management practices and mitigation of greenhouse gas emissions in the agriculture of the Canadian Prairie: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2011. Vol. 31. P. 433–451. DOI: 10.1007/s13593-011-0016-2.
32. Biochemical aspects of mitigation of methane emission in atmosphere by ruminants / G. Bogdanov et al. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2008. Vol. 48 (1/2). URL: <https://www.publish.csiro.au/EA/pdf/EA48n2posters> (last accessed: 13.02.2022).
33. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems / M. Herrero et al. *PNAS*. 2013. Vol. 110, No. 52. P. 20888–20893. DOI: 10.1073/PNAS.1308149110.
34. Caro D. Greenhouse gas and livestock emissions and climate change. *Encyclopedia of food security and sustainability*. 2019. Vol. 1. P. 228–232. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22012-X.
35. Greenhouse gas emissions from different pig manure management techniques: a critical analysis / C. Dennehy et al. *Frontiers of Environmental Science and Engineering*. 2017. Vol. 11 (3), Issue 11. P. 11–16. URL: <https://ro.uow.edu.au/eispapers1/322> (last accessed: 21.11.2021).
36. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains: A global life cycle assessment / M. MacLeod et al. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. 172 p.
37. Greenhouse gas mitigation in agriculture / P. Smith et al. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2008. Vol. 363. P. 789–813. DOI: 10.1098/RSTB.2007.2184.
38. Koneswaran G., Nierenberg D. Global farm animal production and global warming: Impacting and mitigating climate change. *Environ. Health Perspect*. 2008. Vol. 116, No. 5. P. 578–582. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.11034>.
39. Marszałek M., Kowalski Z.,

warming: Impacting and mitigating climate change. *Environ. Health Perspect.* 2008. Vol. 116, No. 5. P. 578–582. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.11034>.

39. Marszałek M., Kowalski Z., Makara A. Emission of greenhouse gases and odorants from pig slurry – effect on the environment and methods of its reduction. *Ecol. Chem. Eng. S.* 2018. Vol. 25, No. 3. P. 383–394. DOI: 10.1515/eces-2018-0026.

Makara A. Emission of greenhouse gases and odorants from pig slurry – effect on the environment and methods of its reduction. *Ecol. Chem. Eng. S.* 2018. Vol. 25, No. 3. P. 383–394. DOI: 10.1515/eces-2018-0026.

Отримано 04.01.2022

Погоджено до друку 05.02.2022