

DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-11

УДК 631.862.1:636.52/58:504.05

М. І. ВОРОБЕЛЬ, кандидат сільськогосподарських наук

В. В. КАПЛІНСЬКИЙ, кандидат ветеринарних наук

О. Я. КЛИМ, кандидат сільськогосподарських наук

А. І. ДМИТРОЦА, науковий співробітник

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Пустомитівського р-ну Львівської обл.,

81115, e-mail: vorobelmaria@gmail.com

ЕМІСІЯ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ У КУРЯЧОМУ ПОСЛІДІ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПРИРОДНИХ СОРБЕНТІВ

На основі проведених досліджень встановлено ефективну дію природних сорбентів перліту, сапоніту та вермикуліту на зниження ферментативних процесів у курячому посліді (*in vitro*), що підтверджується зменшенням показника рН, який визначає спрямованість бродіння.

У процесі експерименту виявлено, що водночас із нижчим рівнем рН після внесення природних сорбентів у зброджений курячий послід, незалежно від їх кількості, у всіх варіантах відбувається зменшення виходу досліджуваних парникових газів CH_4 , CO_2 та NO . Зокрема, застосування природного сорбенту перліту в дозі 2% обумовлює зниження емісії метану та вуглекислого газу з курячого посліду на 5,1%, у кількості 3% – на 7,1%, а при рівні 4% – на 8,3%. Результати досліджень засвідчили, що перліт залежно від дози внесення 2–4% у зброджений субстрат також сприяє нижчому виходу оксиду азоту на 6,8–9,3%. У дослідних варіантах із додаванням сапоніту в кількостях 2–4% рівень виділення CH_4 та CO_2 з курячого посліду був менший на 5,7–9,8%, а емісія NO знижувалася на 4,2–6,5% порівняно з контрольним аналогом. Природний сорбент вермикуліт у різних дозах – 2; 3 і 4% – обумовлює зменшення обсягу виходу вуглекислого газу та метану при анаеробній ферментації курячого посліду (*in vitro*) відповідно до контролю на 11,4; 14,4 і 15,6%. У варіантах із застосуванням вермикуліту в зазначених кількостях відбувалося також зниження й оксиду азоту на 7,9; 9,6 і 11,2% відповідно.

На основі аналізу одержаних результатів встановлено, що досліджувані природні сорбенти перліт, сапоніт і вермикуліт зменшують рівень виділення парникових газів із курячого посліду. Найефективнішу дію на зниження активності ферментативних процесів у курячому посліді (*in vitro*) та емісії досліджуваних парникових газів метану, вуглекислого газу та оксиду азоту проявляє природний сорбент вермикуліт. Отже, проведені дослідження вказують на можливість використання вермикуліту як при зберіганні посліду на птахофабриках у сховищах (лагунах) для запобігання забрудненню

© Воробель М. І., Каплінський В. В.,
Клим О. Я., Дмитроца А. І., 2021

навколишнього природного середовища, так і для розроблення органіко-мінеральних добрив.

Ключові слова: кури, послід, парникові гази, метан, вуглекислий газ, оксид азоту, бродіння, природні сорбенти.

Mariia Vorobel, Vasyl Kaplinsky, Oleh Klym, Andriiana Dmytrotsa

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Greenhouse gas emissions in chicken dung at the using of natural sorbents

On the basis of conducted research it was found the effective action of natural sorbents – perlite, saponite and vermiculite on the decrease of fermentative processes in chicken dung (*in vitro*), that is confirmed by a reduce in pH, which determines the direction of fermentation. During the experiment it was found that at the same time with lower pH level, after the introduction of natural sorbents in fermented chicken dung, regardless of their amount, in all variants there is a decrease in the output of investigated greenhouse gases – CH₄, CO₂ and NO. In particular, the use of natural sorbent – perlite in a dose of 2 % causes reduced emission of methane and carbon dioxide from chicken dung by 5.1 %; in the amount of 3 % – by 7.1 %, and at the level of 4 % – by 8.3 %. The results of research showed that perlite, depending on the introduction dose – 2–4 %, in the fermented substrate also contributes to a lower output of nitric oxide by 6.8–9.3 %. In the experimental variants with the addition of saponite in amounts of 2–4 %, the release level of CH₄ and CO₂ from chicken manure was lower by 5.7–9.8 %, and NO emission was reduced by 4.2–6.5 %, compared with a control analogue. Natural sorbent vermiculite in various doses – 2 %; 3 and 4 % causes decrease in the output of carbon dioxide and methane during anaerobic fermentation of chicken dung (*in vitro*) in accordance with the control by 11.4 %; 14.4 and 15.6 %. In variants with the use of vermiculite in the above amounts, there was also reduction in nitric oxide output by 7.9 %; 9.6 and 11.2 % respectively.

Therefore, on the basis of the received results analysis it was found that all the investigated natural sorbents – perlite, saponite and vermiculite reduce the level of greenhouse gas emissions from chicken dung. However, according to the research results, the most effective action on the decrease activity of fermentative processes in chicken dung (*in vitro*) and the emission of the investigated greenhouse gases – methane, carbon dioxide and nitric oxide has a natural sorbent – vermiculite. Thus, the research indicate the possibility of using vermiculite, both in the storage of dung on poultry farms in storage (lagoons) to prevent environmental pollution, and for the development of organo-mineral fertilizers.

Key words: chickens, dung, greenhouse gases, methane, carbon dioxide, nitric oxide, fermentation, natural sorbents.

Вступ. Інтенсивний розвиток галузі птахівництва створює проблему щодо екологічного стану навколишнього природного середовища, оскільки водночас зі збільшенням виробництва товарів

широкого вжитку (інкубаційні й харчові яйця, м'ясо, продукти забою і переробки, пух та пір'я) збільшується й кількість різноманітних відходів (у тому числі органічних відходів сільськогосподарського виробництва) [9, 22, 23, 32, 33]. Серед різного видового складу в птахівництві здебільшого відбувається зростання чисельності курей, а отже, курячого посліду, який є цінним органічним добривом завдяки високому вмісту поживних речовин, однак без належної системи зберігання й використання послід стає джерелом їх втрат і забруднення навколишнього природного середовища небезпечними компонентами [3, 21, 27]. Нагромадження значного обсягу відходів, зокрема курячого посліду, внаслідок природних мікробіологічних процесів обумовлює утворення летких продуктів розпаду, у результаті чого в довкілля безперервно виділяються у великих кількостях забруднюючі речовини різного походження, в тому числі й парникові гази (метан, вуглекислий газ тощо) [4, 9, 19, 28, 29]. Останні, потрапляючи в атмосферу, поглинають тепло і затримують теплове випромінювання з поверхні планети, тим самим підвищують середню температуру повітря, яка призводить до утворення атмосферного аерозолу, виникнення кислотних дощів, посух та повеней, зменшення запасів питної води, а отже, парникові гази виступають рухомими факторами змін клімату, що спіткали людство за останнє століття [1, 5, 13, 20].

За масштабами викидів парникових газів сільське господарство є їх потужним джерелом як в Україні, так і в глобальних масштабах, хоча й поступається енергетиці та промисловості [5, 21]. Згідно з оцінками Всесвітньої організації з продовольства та сільського господарства, тваринництво продукує приблизно 18% від усіх викидів парникових газів людства – це більше, ніж викиди від транспорту (14%) [5, 11]. Зокрема, метан від цієї галузі становить приблизно 16% річних викидів у світі, а закис азоту – 17% від загального обсягу. Отже, сільське господарство, яке часто потерпає від зміни клімату, одночасно є джерелом викидів парникових газів, а тому й однією з причин цієї зміни. Найпоширеніші серед парникових газів – вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4), закис азоту (N_2O), оксид азоту (NO) тощо [19]. Зокрема, концентрація вуглекислого газу в атмосфері з 1800 р. збільшилась на понад 25%, метану – більше ніж удвічі, а закису азоту – на 8% [1, 34]. Частка їхнього впливу на посилення парникового ефекту за останні десятиліття становить: CO_2 – до 50%, CH_4 – 15%, N_2O – приблизно 5–6% від загального внеску в глобальне потепління [2, 5, 20]. Згідно з прогнозами, обсяги викидів основних парникових

газів до 2030 р., за умови невжиття низки заходів щодо покращення ситуації, збільшаться в межах 25–90% порівняно з показниками 2000 р. [26]. Отже, розвиток аграрного сектору загалом і птахівництва зокрема викликає серйозні проблеми для збереження екологічної чистоти навколишнього природного середовища внаслідок накопичення відходів, що зумовлює зниження ефективності ведення сільського господарства.

Проблемам забруднення довкілля, спричиненим діяльністю птахофабрик, присвячені дослідження низки вчених, в яких для їх вирішення використовують низку сорбентів (торф, цеоліт, монтморилоніт, глинопгиліоліт, бентоніт, палигорськіт) [15, 31, 35] та препарати різного походження («Ембіонік К», «Ембіко. Деструктор органіки» тощо) [16, 25, 37]. Однак, як правило, в наявних літературних джерелах наводиться інформація щодо їх впливу здебільшого на адсорбцію вологи та аміаку з підстилки в приміщеннях, а також із побічної продукції тваринного походження, що нагромаджується на птахофабриках [8]. Крім цього, у низці робіт наведено аналіз обробки підстилкових матеріалів для зменшення емісії шкідливих газів та неприємних запахів різними хімічними реагентами, але до багатьох із них є певні зауваження щодо безпеки і для довкілля та птиці, і в кінцевому підсумку – сировини для виготовлення добрив [16, 18, 30].

Враховуючи наведене, питання зменшення рівня забруднення довкілля парниковими газами від побічної продукції тваринного походження залишається актуальним та своєчасним, потребує більш ґрунтовних досліджень і є важливим аспектом у функціонуванні підприємств агропромислового комплексу для всіх країн світу, у тому числі в Україні з огляду на рентабельність та конкурентоспроможність виробництва [10, 12, 14, 15, 17]. Отже, пошук ефективних засобів та способів для зниження емісії парникових газів з курячого посліду без шкоди довкіллю має важливе наукове та практичне значення для розв'язання екологічних проблем діяльності підприємств агропромислового комплексу, що дасть змогу використовувати потенціал сільського господарства в мінімізації наслідків глобального потепління. Тому метою досліджень є встановлення ефективності дії різних доз природних сорбентів перліту, сапоніту та вермикуліту на емісію парникових газів CH_4 , CO_2 , NO з курячого посліду за анаеробного зброджування (*in vitro*).

Матеріали і методи. Експеримент виконано в лабораторії екології Інституту сільського господарства Карпатського регіону

НААН з використанням лабораторних, аналітичних та математично-статистичних методів. Для дослідження відбирали курячий послід без підстилки у ФГ «Захід-Птиця» Пустомитівського району Львівської області.

Дослідження проводили *in vitro*, використовуючи колби, закриті корками для збереження герметичності та забезпечення анаеробних умов. Біомасу (курячий послід) розбавляли водою у співвідношенні 1:1 з метою стабільності процесу анаеробного бродіння й уникнення його пригнічення амонійним азотом і сульфідами та вносили в дослідну ємність. Упродовж експерименту перемішування субстрату здійснювали шляхом інтенсивного струшування. Аналогічні умови перебігу процесу біоферментації були і в контрольному варіанті, де анаеробне зброджування субстрату відбувалося за рахунок природної мікрофлори посліду, і в дослідних аналогах із застосуванням природних сорбентів.

Процес біоферментації здійснювали за оптимальних показників бродіння відповідно до методики В. В. Шацького, О. Г. Скляра, Р. В. Скляра, О. О. Солодки [7]. У процесі дослідження на кожному етапі біоферментації (гідроліз, окислення, ацетогенез, метаногенез) підтримували температурний режим. Дослідження було проведено за мезофільного режиму при температурі в межах 33°C, оскільки цей режим характеризується найвищою стабільністю процесу й допускає незначні коливання температури без порушення бродіння. Біоферментація може здійснюватися в широкому діапазоні температур, однак не нижче 6°C, оскільки при вказаній температурі припиняється діяльність мікроорганізмів [6, 24]. Ключовим чинником, що визначає спрямованість анаеробного бродіння, є водневий показник (рН) [24, 36], саме тому під час експерименту контролювали цей параметр. Одним із важливих факторів є час процесу ферментації біомаси. Залежно від температури експозицію зброджування встановлюють у таких інтервалах: при 10–25°C – до 30 діб, при 25–40°C – від 10 до 20 діб, при 45–55°C – від 4 до 8 діб [24]. У цьому експерименті експозиція біоферментації біомаси становила 17 діб.

У зброджений курячий послід на початку утворення метану (17-та доба) додано: I варіант – контроль (без внесення речовин); II варіант – перліт, 2%; III варіант – перліт, 3%; IV варіант – перліт, 4%; V варіант – сапоніт, 2%; VI варіант – сапоніт, 3%; VII варіант – сапоніт, 4%; VIII варіант – вермикуліт, 2%; IX варіант – вермикуліт, 3%; X варіант – вермикуліт, 4%. В експерименті природні сорбенти було використано в мінімальних ефективних та економічно доцільних

дозах для процесів ферментації. Усі варіанти досліджень мали трикратну повторність.

Упродовж експерименту в умовах *in vitro* на 17-ту добу і через кожні 3 доби проводили визначення кислотності та рівня емісії парникових газів (CH₄, CO₂, NO) з курячого посліду в контролі та в дослідних аналогах. Кількість виділення парникових газів CH₄, CO₂, NO при анаеробній ферментації курячого посліду (*in vitro*) визначали за допомогою переносного 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). Визначення кислотності в курячому посліді здійснювали за допомогою приладу «рН-Метр Тур N5170» (виробництво – Польща).

Статистичний аналіз отриманих результатів досліджень проводили, використовуючи методи варіаційної статистики, за допомогою стандартного пакета прикладних програм «Microsoft Excel» та «AtteStat» із використанням *t*-критерію Стьюдента. Різницю між середніми арифметичними значеннями вважали статистично вірогідною при: $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$.

Результати та обговорення. У процесі дослідження під час біоферментації курячого посліду, а саме проходження етапів гідролізу, ацидогенезу, ацетогенезу (17 діб), в контролі та дослідних варіантах рівень рН перебував у межах 8,35 од.

У подальших дослідженнях після внесення в досліджуваній субстрат – зброджений курячий послід – природних сорбентів перліту, сапоніту та вермикуліту спостерігали зниження процесів анаеробного бродіння впродовж експериментального періоду, що підтверджується зменшенням рівня показника рН, відповідно, до 7,38; 7,6 і 7,15 од. (залежно від досліджуваних речовин) порівняно з контролем, у якому відмічалось зростання рН до 8,55 од. (рис. 1).

Отже, проведений аналіз величини рН свідчить, що контрольний варіант курячого посліду (без внесення речовин) упродовж періоду досліджень мав лужну реакцію (8,35–8,55), тоді як після внесення в зброджений субстрат природних сорбентів відбувалося зміщення показника рН в кислу сторону.

На основі аналізу одержаних результатів у процесі проведення дослідження встановлено, що при застосуванні природних сорбентів перліту, сапоніту та вермикуліту в різних дозах (2; 3 і 4%) за біоферментації курячого посліду (*in vitro*) одночасно зі зниженням показника рН відбувалося зменшення емісії парникових газів – CH₄, CO₂ та NO (рис. 2–4).

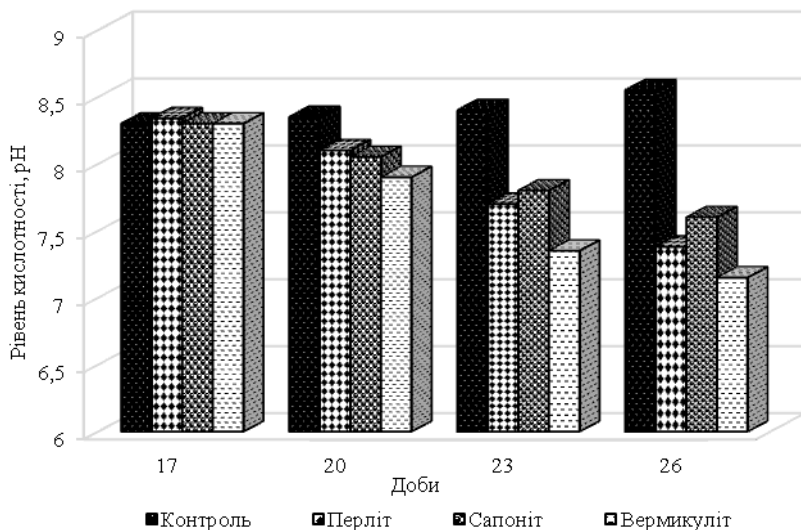


Рис. 1. Зміна рівня кислотності за період проведення дослідження з використанням природних сорбентів

Зокрема, внесення в досліджуваний субстрат – зброджений курячий послід – перліту в різних дозах – 2; 3 і 4% – за анаеробного бродіння (*in vitro*) обумовлює зменшення виходу метану на 28; 39 та 46 мл/л, а вуглекислого газу – відповідно, на 20; 28 і 33 мл/л, що у відсотках складає 5,1; 7,1 і 8,3%. Рівень виділення NO з курячого посліду у варіантах з використанням перліту залежно від кількості внесення – 2–4% – був нижчий за контроль на 5,6–7,7 мг/м³, або 6,8–9,3%.

За результатами досліджень встановлено ефективний вплив сапоніту в різних дозах на емісію досліджуваних парникових газів CH₄, CO₂ та NO з курячого посліду при анаеробній ферментації (*in vitro*). Зокрема, цей сорбент у дозах 2; 3 і 4% зменшує обсяг виходу метану на 31,5; 48 й 54 мл/л відповідно, а вуглекислого газу – на 22,5; 34,5 та 38,5 мл/л, тобто на 5,7; 8,7 і 9,8%. Рівень оксиду азоту із збродженого курячого посліду при внесенні сапоніту залежно від доз – 2–4% – нижчий за контроль на 3,4–5,3 мг/м³, а саме – на 4,2–6,5%.

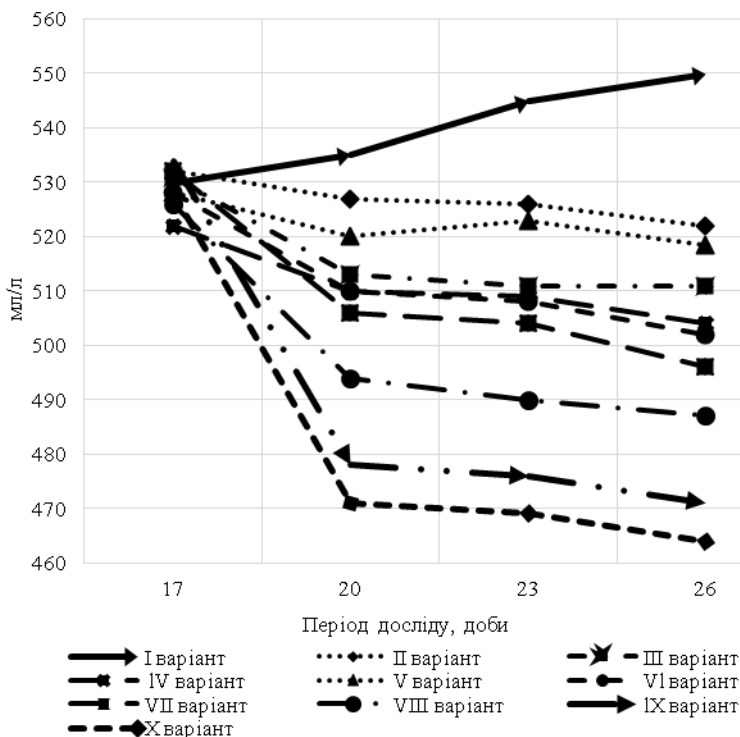


Рис. 2. Рівень виділення CH₄ за період проведення дослідження при застосуванні природних сорбентів

У варіантах із застосуванням вермикуліту в обсязі 2; 3 і 4% при анаеробній біоферментації (*in vitro*) з курячого посліду спостерігається зменшення емісії метану, відповідно, на 63; 79 і 86 мл/л щодо контрольного аналогу, а вуглекислого газу – на 45; 57 і 61,5 мл/л, що у відсотках становить 11,4; 14,4 і 15,6%. Додавання вермикуліту в досліджуваній зброджений субстрат сприяє також нижчому виходу оксиду азоту, а саме: на 6,5–9,2 мг/м³, відповідно, на 7,9–11,2% залежно від кількості внесення – 2–4%.

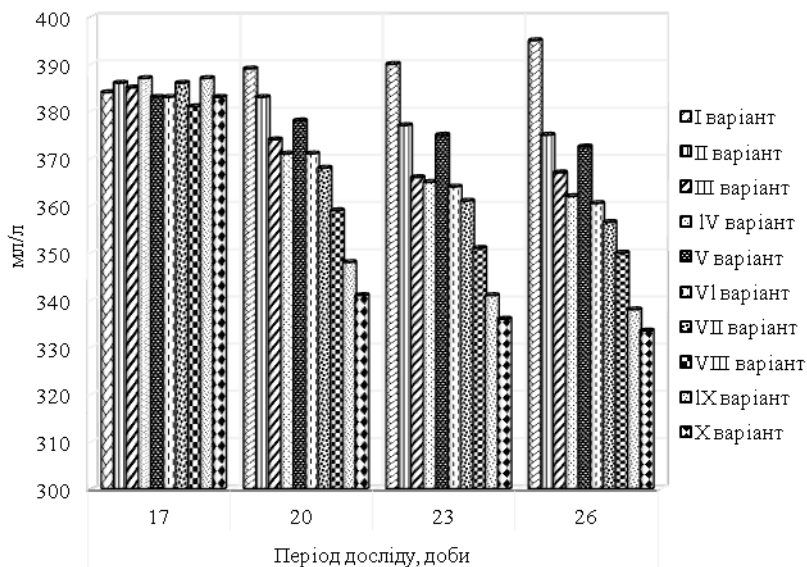


Рис. 3. Рівень виділення CO₂ за період проведення дослідження при застосуванні природних сорбентів

Отже, експериментально доведено, що досліджувані природні сорбенти перліт, сапоніт та вермикуліт при анаеробному бродінні курячого посліду (*in vitro*) проявляють ефективну дію на зниження обсягу виділення парникових газів CH₄, CO₂, NO. Однак на основі аналізу одержаних результатів виявлено, що найефективнішу дію з природних сорбентів на зменшення емісії метану, вуглекислого газу та оксиду азоту з курячого посліду при анаеробній біоферментації (*in vitro*) проявляє вермикуліт, що вказує на доцільність його застосування при зберіганні посліду на птахофабриках у сховищах (лагунах), тим самим запобігаючи забрудненню навколишнього середовища.

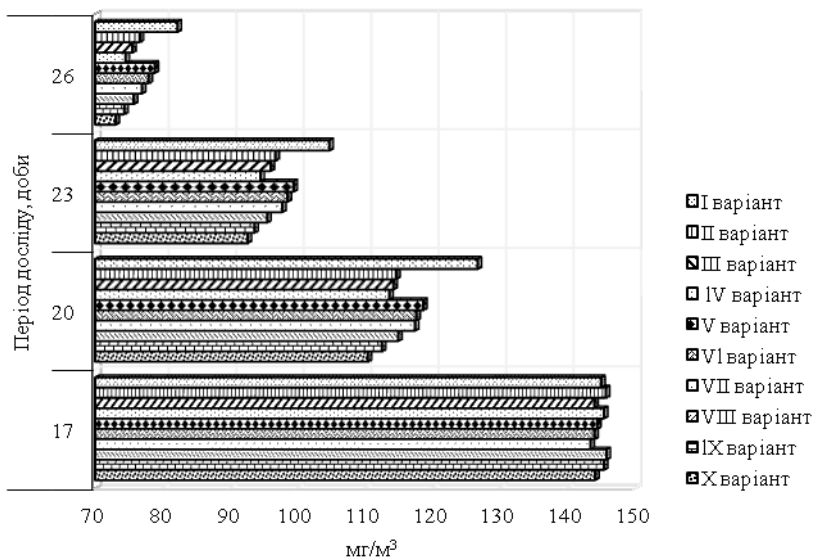


Рис. 4. Рівень виділення NO за період проведення дослідження при застосуванні природних сорбентів

Висновки. На основі одержаних результатів досліджень встановлено ефективну дію досліджуваних природних сорбентів (перліту, сапоніту, вермикуліту) на зменшення емісії парникових газів CH_4 , CO_2 , NO з курячого посліду при анаеробній біоферментації (*in vitro*). Експериментально підтверджено, що застосування перліту обумовлює зниження обсягу виділення CH_4 , CO_2 , NO з курячого посліду на 5,1–9,3%, сапоніту – 4,2–9,8%, а вермикуліту – 7,9–15,6%.

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. Сер.: Екологія*. 2016. Вип. 14. С. 91–97.

2. Биохимические и физиологические предпосылки уменьшения эмиссии метана жвачными животными / Г. А. Богданов та ін. *Сельскохозяйственная биология*. 2010. № 4. С. 13–24.

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: Ekolohiia*. 2016. Issue 14. P. 91–97.

2. Biochemical and physiological preconditions for reducing methane emissions by ruminants / H. A. Bohdanov et al. *Selskohoziastvennaia biolohiia*. 2010. No. 4. P. 13–24.

3. Boiko I. A. Ecological problems of poultry farming and directions of their

3. Бойко І. А. Екологічні проблеми птахівництва та напрями їх вирішення. *Матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми економіки підприємств в сучасних умовах»* (м. Київ, 21–22 травня 2015 р.). Київ, 2015. С. 205–207.
4. Бойко Л. О., Бойко В. О., Аверчева Н. О. Розробка прогнозу та перспективи розвитку галузі птахівництва до 2020 року. Технологічний аудит і резерви виробництва. 2016. Т. 4. Вип. 6 (30). С. 34–40. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tatrv_2016_4%286%29_6.
5. 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.
6. Воробель М. І., Мороз В. В., Каплінський В. В. Ефективність дії природних мінералів на емісію парникових газів у гноєвому субстраті. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 10. С. 35–40.
7. Вплив структури субстрату на вихід біогазу при метановому збродженні / В. В. Шацький та ін. *Праці ТДАТУ*. 2013. Вип. 13. Т. 3. С. 3–12.
8. Гнидюк В. С. Технологічні аспекти переробки відходів птахофабрик та тваринницьких комплексів. *Вісник ЖНАЕУ*. 2014. № 1 (39). Т. 1. С. 100–106.
9. Дутка Д. І. До питання поводження з органічними відходами птахофабрики. *Матеріали III Наук.-практ. конф. «Екологія та сталий розвиток»* (м. Маріуполь, 22–23 лютого 2018 р.). Маріуполь, 2018. С. 78–81.
10. Екологічна безпека при виробництві продукції птахівництва / О. В. Тертична та ін. *Тези міжнар. вузів. наук.-практ. конф. студ., асп. і молодих учених «Екологічний розвиток країни в рамках Європейської інтеграції»* solution. *Матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми економіки підприємств в сучасних умовах»* (м. Київ, 21–22 травня 2015 р.). Київ, 2015. Р. 205–207.
4. Boiko L. O., Boiko V. O., Avercheva N. O. Development of the forecast and the prospect of development of the branch of poultry farming by 2020. *Tekhnolohicheskii audit i rezervy proizvodstva*. 2016. Vol. 4. Issue 6 (30). P. 34–40. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tatrv_2016_4%286%29_6.
5. Vorobel M. I., Moroz V. V., Kaplinsky 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.
6. Vorobel M. I., Moroz V. V., Kaplinsky V. V. Efficiency the action of natural minerals on the emission of greenhouse gases in the manure substrate. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2018. No. 10. P. 35–40.
7. Influence of substrate structure on biogas output at methane fermentation / V. V. Shatsky et al. *Praci TDAU*. 2013. Issue 13. Vol. 3. P. 3–12.
8. Hnydiuk V. S. Technological aspects of waste processing of poultry farms and livestock complexes. *Visnyk ZhNAEU*. 2014. No. 1 (39). Vol. 1. P. 100–106.
9. Dutka D. I. On the issue of organic waste management of poultry farm. *Materiyali III Nauk.-prakt. konf. «Ekolohiia ta stalyyi rozvytok»* (m. Mariupol, 22–23 liutoho 2018 r.). Mariupol, 2018. P. 78–81.
10. Ecological safety in the production of poultry products / O. V. Tertychna et al. *Tezy mizhnar. vuzivskoi nauk.-prakt. konf. stud., asp. i molodykh uchenykh «Ekolohichnyi rozvytok krainy v ramkakh Yevropeiskoi intehratsii»* (m. Zhytomyr, 5 travnia 2014 r.). Zhytomyr, 2014. P. 32.
11. Environmental standards EU for the livestock industry of Ukraine / Ekodiia. Kiev, 2018. URL: <https://ecoaction.org.ua/ekostandarty-es-tvarynystvo.html>.

(м. Житомир, 5 травня 2014 р.). Житомир, 2014. С. 32.

11. Екологічні стандарти ЄС для галузі тваринництва України / Екодія. Київ, 2018. URL: <https://ecoaction.org.ua/ekostandarty-es-tvarynynytstvo.html>.

12. Жуков Б. С. Сучасні проблеми в птахівництві. *Матеріали III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції «Інноваційні розробки студентів та молодих науковців в галузі технічного сервісу машин»* (м. Харків, 1–2 грудня 2016 р.). Харків, 2016. С. 21.

13. Жукорський О. М., Болтик Н. П. Забруднювачі довкілля та їх використання для виробництва біогазу на молочних фермах. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2017. Вип. 10. С. 250–259.

14. Захарченко О. В. Утилізація відходів природного походження аграрних формувань: проблемний аспект. *Вісник ХНАУ імені В. В. Докучаєва. Сер.: Економічні науки*. 2017. № 1. С. 58–67.

15. Канда М., Мальований М., Одноріг З. Мінімізація екологічної небезпеки від забруднення довкілля в зоні діяльності птахофабрик. *Міжнар. наук. симпозіум «Сталий розвиток – стан та перспективи»* (м. Львів, Славське, 28 лютого – 3 березня 2018 р.). Львів, Славське, 2018. С. 145–146.

16. Кизь Т. В. Емісія аміаку у пташнику при додаванні до підстилки різних реагентів. *Птахівництво*. 2010. Вип. 65. С. 127–138.

17. Куркіна С. В., Розпутній О. І. Вміст важких металів у відходах птахокомбінату та екологічні особливості їх утилізації. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2012. Вип. 7 (90). С. 117–120. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tvppt_2012_7_36.

18. Мельник В. О. Вплив обробки підстилки реагентами на мікроклімат пташника та відтворні якості індиків.

12. Zhukov B. S. Modern problems in poultry farming. *Materialy III Vseukr. nauk.-prakt. internet-konferentsii «Innovatsiini rozrobky studentiv ta molodykh naukovtsiv v haluzi tekhnichnoho servisu mashyn»* (m. Kharkiv, 1–2 hrudnia 2016 r.). Kharkiv, 2016. P. 21.

13. Zhukorsky O. M., Boltyk N. P. Environmental pollutants and their use for biogas production on milk farms. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova»*. 2017. Issue 10. P. 250–259.

14. Zakharchenko O. V. Utilization of waste of natural origin of agrarian formations: problematic aspect. *Visnyk XNAU imeni V. V. Dokuchaieva. Seriya: Ekonomichni nauky*. 2017. No. 1. P. 58–67.

15. Kanda M., Malovany M., Odnorih Z. Minimization of ecological danger from environmental pollution in the area of activity of poultry farms. *Mizhnarodnyi naukovyi sympozium «Stalyi rozvytok – stan ta perspektvyu»* (m. Lviv, Slavske, 28 liutoho – 3 bereznia 2018 r.). Lviv, Slavske, 2018. P. 145–146.

16. Kyz T. V. Emission of ammonia in the poultry house when adding various reagents to the litter. *Prakhivnystvo*. 2010. Issue 65. P. 127–138.

17. Kurkina S. V., Rozputnii O. I. The content of heavy metals in the waste of the poultry farm and the ecological features of their utilization. *Tekhnolohiia vyrobnystva i pererobky produktii tvarynystva*. 2012. Issue 7 (90). P. 117–120. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tvppt_2012_7_36.

18. Melnyk V. O. Influence of litter treatment with reagents on poultry microclimate and reproductive qualities of turkeys. *Visnyk ahrranoi nauky*. 2015. No. 6. P. 73–75.

19. Methane and the greenhouse effect of the atmosphere (environmental, biochemical and microbiological aspects) / L. I. Solohub, H. L. Antoniuk, H. O. Bohdanov et al. Lviv: PAIS, 2008. 276 p.

20. Mykhailova Ye. O. Greenhouse gas emissions in Ukraine and the world. *Materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf.*

Вісник аграрної науки. 2015. № 6. С. 73–75.

19. Метан і парниковий ефект атмосфери (екологічні, біохімічні та мікробіологічні аспекти) / Л. І. Сологуб, Г. Л. Антоняк, Г. О. Богданов та ін. Львів : ПАІС, 2008. 276 с.

20. Михайлова С. О. Викиди парникових газів в Україні та світі. *Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Проблеми техногенно-екологічної безпеки: освіта, наука, практика»* (м. Харків, 24 листопада 2016 р.). Харків, 2016. С. 183–184.

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

22. Рибаківа О. А. Облікові аспекти оприбуткування і використання пташиного посліду. *Аеросвіт*. 2015. № 19. С. 72–77.

23. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Властивості біодобрих, що отримуються після анаеробної ферментації гною. *Праці ТДАТУ*. 2013. Вип. 13. Т. 3. С. 110–118.

24. Солук Г. С., Буцяк В. І., Буцяк А. А. Біотехнологія виробництва біогазу з відходів сільськогосподарського виробництва. *Наук. вісник ЛНУВМ та БТ імені С. З. Гжицького*. 2015. Т. 17. № 3 (63). С. 312–319.

25. Технологічні прийоми покращення мікроклімату у пташнику при утриманні індиків на підстилці / О. В. Мельник та ін. *Вісник ХНТУСТ імені П. Василенка*. 2013. Вип. 132. С. 434–443.

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

27. Циганок В. М., Гуля Ю. В. Аналіз виробництва продукції птахівництва в умовах ринкових перетворень. *Вісник ЖНАУ*. 2011. № 1. Т. 2. С. 276–287.

28. Adekunle K. F., Okolie J. A. A review of biochemical process of

«*Problemy tekhnogenno-ekolohichnoї bezpeky: osvita, nauka, praktyka*» (m. Kharkiv, 24 lystopada 2016 r.). Kharkiv, 2016. P. 183–184.

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

22. Rybakova O. A. Registration aspects of receipt and use of birds manure. *Ahrosvit*. 2015. No. 19. P. 72–77.

23. Skliar O. H., Skliar R. V. Properties of biofertilizers obtained after anaerobic fermentation of manure. *Pratsi TDATU*. 2013. Issue 13. Vol. 3. P. 110–118.

24. Solyk H. S., Butsiak V. I., Butsiak A. A. Biotechnology of biogas production from agricultural activities. *Nauk. visn. LNUVM ta BT imeni S. Z. Gzhytskoho*. 2015. Vol. 17. No. 3 (63). P. 312–319.

25. Technological methods of improving the microclimate in the poultry house when keeping turkeys on the litter / O. V. Melnyk et al. *Visnyk XNTUSH imeni P. Vasylenka*. 2013. Issue 132. P. 434–443.

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

27. Tsyhanok V. M., Hulia Yu. V. Analysis of production of poultry farming products in the conditions of market transformations. *Visnyk ZhNAU*. 2011. No. 1. Vol. 2. P. 276–287.

28. Adekunle K. F., Okolie J. A. A review of biochemical process of anaerobic digestion. *Advances in Bioscience and Biotechnology*. 2015. Vol. 6. P. 205–212.

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

30. Berg W., Hornig G. Emission reduction by acidification of slurry – Investigations and assessment. *Proc. of the Int. Symp. on Ammonia and Odour Emissions from Animal Production* (6–10 Oct. 1997). NVTL, Rosmalen, the Netherlands. P. 459–466.

anaerobic digestion. *Advances in Bioscience and Biotechnology*. 2015. Vol. 6. P. 205–212.

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

30. Berg W., Hornig G. Emission reduction by acidification of slurry – Investigations and assessment. *Proc. of the Int. Symp. on Ammonia and Odour Emissions from Animal Production* (6–10 Oct. 1997). NVTL, Rosmalen, the Netherlands. P. 459–466.

31. Bernal M. P., Lopez-Real J. M. Natural zeolites and sepiolite as ammonium and ammonia adsorbent materials. *Biores. Technol.* 1993. No. 43. P. 27–33.

32. 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.

33. Homidan A. Al., Robertson J. F., Petchey A. M. Review of the effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. *World's Poultry Sci. J.* 2003. Vol. 59. Issue 3. P. 340–349.

34. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change 1992, The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, 1992. 200 p.

35. Natural zeolites in diet or litter of broilers / A. F. Schntider et al. *British Poultry Science*. 2016. Vol. 57. No. 2. P. 257–263.

36. Vandre R., Clemens J. Studies on the relationship between slurry pH, volatilization processes and the influence of acidifying additives. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 1996. No. 47. P. 157–165.

37. Witter E. Use of CaCl_2 to decrease ammonia volatilization after application of fresh and anaerobic chicken slurry to soil. *J. Soil Sci.* 1991. Vol. 42. No. 3. P. 369–380.

31. Bernal M. P., Lopez-Real J. M. Natural zeolites and sepiolite as ammonium and ammonia adsorbent materials. *Biores. Technol.* 1993. No. 43. P. 27–33.

32. 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.

33. Homidan A. Al., Robertson J. F., Petchey A. M. Review of the effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. *World's Poultry Sci. J.* 2003. Vol. 59. Issue 3. P. 340–349.

34. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change 1992, The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, 1992. 200 p.

35. Natural zeolites in diet or litter of broilers / A. F. Schntider et al. *British Poultry Science*. 2016. Vol. 57. No. 2. P. 257–263.

36. Vandre R., Clemens J. Studies on the relationship between slurry pH, volatilization processes and the influence of acidifying additives. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 1996. No. 47. P. 157–165.

37. Witter E. Use of CaCl_2 to decrease ammonia volatilization after application of fresh and anaerobic chicken slurry to soil. *J. Soil Sci.* 1991. Vol. 42. No. 3. P. 369–380.

Отримано 03.01.2020