



Тваринництво, ветеринарна медицина

УДК 631.862.1:663.14.039.3
© 2018

ЕФЕКТИВНІСТЬ ДІЇ ПРИРОДНИХ МІНЕРАЛІВ НА ЕМІСІЮ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ У ГНОЄВОМУ СУБСТРАТІ

М.І. Воробель¹, В.В. Мороз², В.В. Каплінський³

^{1,2}кандидати сільськогосподарських наук

³кандидат ветеринарних наук

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

*вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Пустомитівського р-ну Львівської обл., 81115, Україна
e-mail: ¹vorobelmariia@gmail.com, ²veramoroz0@gmail.com, ³vasyl.kaplinskiy@gmail.com*

Надійшла 5.06.2018

Мета. Установити ефективність дії природних мінералів на емісію парникових газів у гноєвому субстраті корів за мезофільних умов анаеробного зброджування (*in vitro*). **Методи.** Дослідження проведено за використанням хімічних, аналітичних і математико-статистичних методів. У процесі проведення досліджень на кожному етапі метагенезу (гідроліз, окислення, ацетогенез, метаногенез) за мезофільного режиму бродіння в досліджуваному матеріалі підтримували температурний режим і контролювали рівень рН середовища. Упродовж експерименту досліджуваний субстрат перемішували інтенсивним струшуванням ємкостей. У гноєвій масі корів визначали кислотність за допомогою приладу рН-Метр Тур N5170 (виробництво Польща). У досліджуваному субстраті проводили визначення рівня вуглекислого газу за методикою Н.В. Чибисової [13], CH_4 — розрахунковим методом. **Результати.** На основі проведених досліджень встановлено, що внесення у досліджуваний субстрат природних мінералів — вермикуліту, перліту та цеоліту зумовлює підвищення ферментативної активності коров'ячого гною, відповідно, на 9, 7 та 6% порівняно з контролем (гній без внесення препаратів). Природний мінерал глауконіт (*in vitro*) знижує рівень CO_2 і CH_4 на 5% у гноєвому субстраті відповідно до контролю. **Висновки.** Експериментально доведено, що найефективніша дія на процес метаногенезу спостерігається при застосуванні вермикуліту, який збільшує виділення вуглекислого газу і метану в коров'ячому гної, водночас природний мінерал глауконіт дезактивує процес бродіння та виділення парникових газів. Отже, глауконіт можна використовувати як засіб для зменшення викидів парникових газів.

Ключові слова: гній, парникові гази, метан, вуглекислий газ, корови, природні мінерали, метаногенез.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201810-05>

Проблема охорони навколишнього середовища від забруднення відходами агропромислового комплексу (АПК) та інших галузей сільського господарства є важливим завданням для всіх регіонів України [1, 2]. Основною причиною екологічних проблем сьогодення є збільшення концентрації парникових газів в атмосфері, що утворюються внаслідок антропогенної діяльності та призводять до негативних змін у кліматичному балансі планети: підвищення температури, посух, повеней, зменшення запасів питної води, до кислотних дощів та ін. [3–5]. Для забезпечення сталого екологічного розвитку важливим є утримання балансу між поглинанням і викидами парникових газів. Враховуючи небезпеку виникнення парникового ефекту на глобальному рівні, прийнято ряд важливих заходів, які б сприяли збереженню навколишнього природного середовища [3]. Найпотужнішим кроком стало підписання Паризької угоди, спрямованої на зниження рівня викидів парникових газів та обмеження зростання температури повітря до 2°C.

Одним із основних джерел парникових газів визнано сільське господарство, яке за об'ємом їх викидів хоч і поступається енергетиці та промисловості, але є потужним джерелом забруднення як в Україні, так і на глобальному рівні [2, 6, 7]. Згідно з літературними даними відомо, що від поголів'я тварин, яких утримують підприємства АПК, утворюється понад 52 млн т гною за рік [8, 9]. Накопичення тваринницьких відходів призводить до низки проблем, які зменшують ефективність ведення сільського господарства, оскільки відходи стають вагомим джерелом забруднення довкілля [5, 9].

Важливим аспектом у функціонуванні агропромислових підприємств залишається переробка відходів тваринництва з мінімальною шкодою для навколишнього природного середовища [1, 8]. Одним із перспективних, екологічно безпечних та енергетично вигідних напрямів розв'язання цієї проблеми є використання органічних відходів тваринницьких об'єктів як альтернативних джерел енергії, зокрема отримання біогазу, що сприяє поліпшенню енергозабезпечення окремих регіонів завдяки метановому анаеробному зброджуванню гною [1, 4, 5, 7, 8, 10]. Біогаз утворюється внаслідок розкладання

бактеріями органічного субстрату, який можна використовувати як природний газ і додаткове джерело енергії, палива й біодобрива [9, 10]. Отже, процес утилізації відходів агропромислового комплексу, зокрема гною, сприяє комплексному розв'язанню енергетичних, екологічних і продовольчих проблем [1, 8]. Завдяки виробництву біогазу способом біологічної конверсії гною відбувається зменшення виділення у навколишнє природне середовище найважливішого парникового газу — метану, як одного з кращих способів запобігання процесам глобального потепління [11, 12]. Відомо, що метан впливає на парниковий ефект у 21 раз сильніше, ніж CO₂ і здатний залишатися в атмосфері до 12-ти років, а також у 23 рази інтенсивніше поглинає інфрачервоне випромінювання, що сприяє створенню парникового ефекту [11]. Отже, виробництво біогазу є ефективною та інвестиційно привабливою технологією, що зумовлюється наявністю значного сировинного потенціалу та низьким рівнем собівартості цього виду енергії [1, 7].

З огляду на це важливим науковим і практичним завданням є розширення асортименту ефективних засобів для переробки органічних відходів тваринницьких комплексів, які б дали змогу збільшити обсяги виробництва додаткового енергетичного ресурсу — біогазу, тим самим забезпечивши мінімізацію негативних впливів на навколишнє середовище.

Мета досліджень — установити ефективність дії природних мінералів на емісію парникових газів у гноєвому субстраті корів за мезофільних умов анаеробного зброджування (*in vitro*).

Матеріали та методи. Дослідження проведено в лабораторії екології Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Проби гною для визначення кількості вуглекислого газу і метану у досліджуваному субстраті (*in vitro*) відбирали у ДП «ДГ «Оброшине», де утримується стадо української чорно-рябої молочної великої рогатої худоби західного внутрішньопородного типу. Метаногенерувальну сировину (гній) досліджено у 3-разовій повторності в таких варіантах: I — контроль (гній без унесення препаратів), II — з унесенням мінералу глауконіту, 9 г; III — із застосуванням мінералу вермикуліту, 40 г;

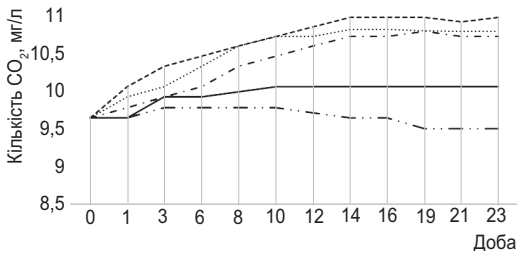


Рис. 1. Кількість виділеного вуглекислого газу у варіантах із застосуванням природних мінералів: — — контроль; — — глауконіт; ---- — вермикуліт; — перліт; - - — цеоліт

IV — з унесенням перліту, 30 г; V — із застосуванням мінералу цеоліту, 6 г.

Процес метанового бродіння проводили в лабораторних умовах (*in vitro*), використовуючи колби, закриті пробками для збереження герметичності та забезпечення анаеробних умов. Біомасу (гній великої рогатої худоби), розведену водою у співвідношенні 1:1, вносили у дослідну ємкість. У процесі проведення досліджень на кожному етапі метаногенезу (гідроліз, окислення, ацетогенез, метаногенез) за мезофільного режиму бродіння в досліджуваному матеріалі підтримували температурний режим і контролювали рівень рН середовища. Упродовж експерименту досліджуваний субстрат перемішували інтенсивним струшуванням ємкостей. Аналогічні умови перебігу процесу метаногенезу були

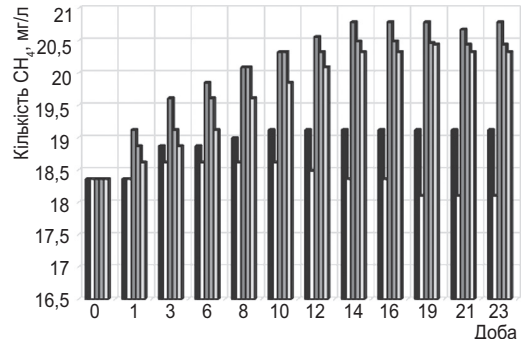


Рис. 2. Кількість виділеного метану у варіантах із застосуванням природних мінералів: ■ — контроль; □ — глауконіт; ■ — вермикуліт; ■ — перліт; □ — цеоліт

як у контрольному варіанті, де анаеробне зброджування субстрату відбувалося завдяки природній мікрофлорі гною, так і в дослідних аналогах із застосуванням природних мінералів.

У гноєвій масі корів визначали кислотність за допомогою приладу рН-Метр Тур N5170 (виробництво Польща). У досліджуваному субстраті проводили визначення рівня вуглекислого газу за методикою Н.В. Чибисової [13], CH₄ — розрахунковим методом.

Одержаний цифровий матеріал опрацьовували методом варіаційної статистики за допомогою пакета прикладних програм Microsoft Excel та AtteStat.

Результати досліджень. Процес метаногенезу здійснювали за оптимальних

1. Кількість виділеного вуглекислого газу в процесі метаногенезу, мг/л

Доба	Контроль	Глауконіт	Вермикуліт	Перліт	Цеоліт
1	9,60±0,02	9,60±0,16	9,99±0,15	9,87±0,08*	9,73±0,10
3	9,87±0,02	9,73±0,08	10,3±0,07**	9,99±0,13	9,87±0,11
6	9,87±0,04	9,73±0,21	10,4±0,11*	10,3±0,15	9,99±0,09
8	9,93±0,04	9,73±0,10	10,5±0,19*	10,5±0,07**	10,3±0,09*
10	9,99±0,05	9,73±0,20	10,6±0,14*	10,6±0,12**	10,4±0,06**
12	9,99±0,03	9,67±0,24	10,8±0,15**	10,6±0,09**	10,5±0,08**
14	9,99±0,02	9,60±0,08**	10,9±0,24*	10,7±0,05***	10,6±0,09**
16	9,99±0,03	9,60±0,12*	10,9±0,27*	10,7±0,11**	10,6±0,08**
19	9,99±0,03	9,46±0,14*	10,9±0,27*	10,7±0,08**	10,7±0,12**
21	9,99±0,03	9,46±0,18*	10,8±0,13**	10,7±0,12**	10,6±0,19*
23	9,99±0,03	9,46±0,29	10,9±0,09***	10,7±0,09**	10,6±0,12**

Примітка. Різниця між середнім арифметичним значенням статистично вірогідна за: *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001 (до табл. 1 і 2).

2. Кількість виділеного метану в процесі метаногенезу, мг/л

Доба	Контроль	Глауконіт	Вермикуліт	Перліт	Цеоліт
1	18,4±0,03	18,4±0,29	19,1±0,29	18,9±0,15*	18,6±0,19
3	18,9±0,04	18,6±0,15	19,6±0,14**	19,1±0,25	18,9±0,22
6	18,9±0,07	18,6±0,39	19,8±0,21*	19,6±0,28	19,1±0,18
8	18,9±0,07	18,6±0,19	20,1±0,36*	20,1±0,14**	19,6±0,19*
10	19,1±0,09	18,6±0,39	20,3±0,27*	20,3±0,24**	19,8±0,11**
12	19,1±0,07	18,5±0,45	20,5±0,29**	20,3±0,18**	20,1±0,14**
14	19,1±0,03	18,4±0,15**	20,8±0,45*	20,5±0,09***	20,3±0,18**
16	19,1±0,06	18,4±0,22*	20,8±0,52*	20,5±0,21**	20,3±0,16**
19	19,1±0,05	18,1±0,26*	20,8±0,51*	20,5±0,16**	20,4±0,23**
21	19,1±0,05	18,1±0,35*	20,7±0,24**	20,4±0,22**	20,3±0,36*
23	19,1±0,05	18,1±0,55	20,8±0,18***	20,4±0,18**	20,3±0,22**

показників бродіння відповідно до методики В.В. Шацького, О.Г. Скляра, Р.В. Скляра [14]. Інтенсивність процесу анаеробного зброджування органічних відходів залежить від оптимальних умов, на створення яких впливає низка чинників. Одним із істотних показників, які впливають на ферментативну активність і швидкість розмноження мікроорганізмів та синтез ними біогазу, є температурний режим [10, 15]. Процес метаногенезу може відбуватися в широкому діапазоні температур і починається при 6°C, оскільки, як відомо, за нижчої температури виділення метану припиняється [10]. Дослідження проведено за мезофільного режиму бродіння при підтриманні температури в межах 25–33°C.

На стабільність процесу метаногенезу значний вплив має реакція поживного середовища (рН). Аналізуючи у процесі ферментації водневий показник, виявлено коливання його значень у межах 6,6–7,8, що свідчить про достатній рівень кислотності для розвитку бактерій. Оскільки відомо, що найінтенсивніше утворення біогазу відбувається за значень рН, близьких до нейтральних, тоді як при рН нижче 6,5 знижується активність бактерій, погіршується вихід біогазу на 30–40%, а при 6,0 майже повністю гальмується розвиток метанової мікрофлори [15]. У подальших дослідженнях після внесення у гноєвий субстрат природних мінералів виявлено зростання рН з 7,8 до 9,0 упродовж 23 діб, що свідчить про активацію ферментативної активності біомаси.

Одним із важливих параметрів метанового зброджування також є час процесу ферментації біомаси (експозиція зброджування). У більшості випадків за переробки органічних відходів процес метаногенезу відбувається впродовж 22–28-ми діб і залежить від температурного режиму [15]. У нашому експерименті експозиція анаеробного зброджування з метою отримання біогазу була в рекомендованих межах і становила 23 доби.

Одержано результати в процесі проведення досліджень у лабораторних умовах (*in vitro*) з унесенням природних мінералів до гноєвого субстрату (рис. 1, 2).

Аналіз результатів експериментальних досліджень свідчить, що використання природних мінералів у досліджуваному матеріалі, крім мінералу глауконіту, зумовлює збільшення виходу CO₂ і CH₄ завдяки підвищенню активності процесу анаеробного зброджування біомаси.

Виконано статистичну обробку результатів досліджень виділення CO₂ і CH₄ на контролі та в дослідних зразках (табл. 1 і 2).

Проведеними дослідженнями встановлено, що внесення у гноєвий субстрат корів природних мінералів — вермикуліту, перліту та цеоліту збільшує вихід вуглекислого газу і метану відповідно до контролю на 9, 7 та 6%. Водночас природний мінерал глауконіт знижує у досліджуваному матеріалі рівень CO₂ і CH₄ на 5%.

Отже, експериментально доведено, що природні мінерали — вермикуліт, перліт і цеоліт підвищують в анаеробних умовах вихід

біогазу з коров'ячого гною та можуть бути використані як стимулятори інтенсифікації виходу біогазу, тоді як глауконіт — забезпечує

зниження викидів парникових газів, а отже, запобігає забрудненню навколишнього природного середовища.

Висновки

Установлено, що найефективнішу дію на процес метаногенезу із досліджуваних природних мінералів за мезофільного режиму бродіння в анаеробних умовах виявляє вермикуліт, збільшуючи рівень CO_2 і CH_4 на 9%, тоді як глауконіт дезактивує процес бродіння та виділення парникових газів на 5%. Перспективи

подальших досліджень спрямовані на пошук розширеного асортименту ефективних засобів для зниження або інтенсифікації виходу біогазу під час переробки органічних відходів тваринництва та раціонального використання енергії біомаси відходів сільськогосподарського виробництва.

Воробель М.І.¹, Мороз В.В.², Каплинский В.В.³
Інститут сільськогосподарського району НААН, ул. Грушевського, 5, с. Оброшино Пустомытовського р-на Львівської обл., 81115, Україна; e-mail: ¹vorobelmariia@gmail.com, ²veramoroz0@gmail.com, ³vasyl.kaplinskiy@gmail.com

Ефективність действия природных минералов на эмиссию парниковых газов в субстрате навоза

Цель. Установить эффективность действия природных минералов на эмиссию парниковых газов в гноевом субстрате коров при мезофильных условиях анаэробного сбраживания (*in vitro*). **Методы.** Исследования проведены с использованием химических, аналитических и математико-статистических методов. В процессе проведения исследований на каждом этапе метагенеза (гидролиз, окисление, ацетогенез, метаногенез) при мезофильном режиме брожения в исследуемом материале поддерживали температурный режим и контролировали уровень pH среды. На протяжении эксперимента исследованный субстрат перемешивали интенсивным стряхиванием емкостей. В гноевой массе коров определяли кислотность при помощи pH-Метр Тур N5170 (производство Польша). В исследуемом субстрате определяли уровень углекислого газа по методике Н.В. Чибисовой, CH_4 — расчетным методом. **Результаты.** На основе проведенных исследований установлено, что внесение в исследуемый субстрат природных минералов — вермикулита, перлита и цеолита содействует увеличению

ферментативной активности коровьего навоза соответственно на 9, 7 и 6% по сравнению с контролем (навоз без внесения препаратов). Природный минерал глауконит (*in vitro*) снижает уровень CO_2 и CH_4 на 5% в гноевом субстрате в соответствии с контролем. **Выводы.** Экспериментально доказано, что более эффективное воздействие на процесс метаногенеза наблюдается при применении вермикулита, который увеличивает выделение углекислого газа и метана в коровьем навозе, в то же время природный минерал глауконит дезактивирует процесс брожения и выделение парниковых газов, а следовательно, глауконит можно использовать как средство для уменьшения выбросов парниковых газов.

Ключевые слова: навоз, парниковые газы, метан, углекислый газ, коровы, природные минералы, метаногенез.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201810-05>

Vorobel M.¹, Moroz V.², Kaplinskiy V.³
¹⁻³Institute of agriculture of Carpathian region of NAAS, Grushevskiy Str., 5, Obroshyne, Pustomytov region, Lviv oblast, 81115, Ukraine; e-mail: ¹vorobelmariia@gmail.com, ²veramoroz0@gmail.com, ³vasyl.kaplinskiy@gmail.com

Efficiency of action of natural minerals at emission of greenhouse gases in substratum of dung

The purpose. To determine efficiency of natural minerals at emission of greenhouse gases in dung substratum of cows under mesophilic conditions of anaerobic fermentation (*in vitro*). **Methods.** Researches are lead with the use of chemical, analytical and mathematical-statistical methods.

They maintained fixed temperature for each stage of metagenesis (hydrolysis, oxidation, acetogenesis, metanogenesis) at mesophilic regimen of fermentation in the probed material and monitored the pH level of the medium. In experiment the probed substratum was intensely mixed by shaking containers. In dung mass of cows they determined acidity by means of pH-meter Tur N5170 (Poland). In the probed substratum they determined the level of carbonic gas by N.V. Chibisova technique, and CH₄ — by calculation method. **Results.** On the basis of the lead researches it is fixed that importation into the probed substratum of natural minerals — vermiculite, pearlite and zeolite — increases enzymatic activity of cow dung on 9; 7

and 6% accordingly in comparison to control (dung without preparations). Natural mineral glauconite (in vitro) reduces the level of CO₂ and CH₄ on 5% in dung substratum as compared to the control. **Conclusions.** Experimentally it is proved that more effective impact on metanogenesis process was application of vermiculite which increases evolution of carbonic gas and methane in cow dung, at the same time natural mineral glauconite deactivates fermentation and selection of greenhouse gases and consequently, glauconite can be used as means for decreasing blow out of greenhouse gases.

Key words: dung, greenhouse gases, methane, carbonic gas, cows, natural minerals, metanogenesis.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201810-05>

Бібліографія

1. Куріс Ю.В., Ткаченко С.І., Семененко Н.В. Способи утилізації біогазу. *Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2010. № 7 (77). С. 20–30.
2. Johnson J. M.-F., Franzluebbbers A.J., Weyers S.L., Reicosky D.C. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions : Review. *Environmental Pollution*. 2007. V. 150. P. 107–124.
3. Холод М. Емісія парникових газів та формування ринку квот на їх викиди. *Вісник Сумського ДУ*. 2009. № 2. С. 35–42.
4. Monteny G.J., Groenestein C.M., Hilhorst M.A. Interactions and coupling between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2001. V. 60, Is. 1–3. P. 123–132.
5. Smith P., Martino D., Cai Z. et al. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2008. V. 363. P. 789–813.
6. Захаренко М.О., Коваленко В.О., Яремчук О.С., Пироженко Ю.В. До питання розрахунку викидів парникових газів відходів тваринництва. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6, № 3–4. С. 63–70.
7. Monteny G.J., Bannink A., Chadwick D. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture, ecosystems and environment*. 2006. V. 112, Is. 2–3. № 2. P. 163–170.
8. Мартенюк Г.М. Біоконверсія органічних відходів. *Органічне виробництво і продовольча безпека: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф., 5–6 вер. 2017 р. Житомир: ЖНАЕУ*. 2017. С. 87–91.
9. Щербак Б.В., Лобова О.В., Лаукерт К.О. Отримання рідких органічних добрив методом ферментації гною великої рогатої худоби. *Научные труды*. 2014. № 34 (1). С. 89–93.
10. Солук Г.С., Буцяк В.І., Буцяк А.А. Біотехнологія виробництва біогазу з відходів сільськогосподарського виробництва. *Науковий вісник ЛНУВМ та БТ імені С.З. Гжицького*. 2015. Т. 17, № 3 (63). С. 312–319.
11. Мітков Б.В., Чорна Т.С., Мітков В.Б. Обґрунтування ефективності отримання біогазу з відходів тваринництва. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2012. Вип. 2. Т. 5. С. 215–219.
12. Shibata M., Terada T. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. *Animal Science*. 2010. V. 81. P. 2–10.
13. Чибисова Н.В. Практикум по екологічеській хімії: учебное пособие. Калининград, 1999. 94 с.
14. Шацький В.В., Скляр О.Г., Скляр Р.В., Солodka О.О. Вплив структури субстрату на вихід біогазу при метановому зброджуванні. *Праці ТДАТУ*. 2013. Вип. 13. Т. 3. С. 3–12.
15. Поліщук В.М., Лободко М.М., Сидорчук О.В., Поліщук О.В. Вплив режимів метанового бродіння на ефективність виробництва біогазу. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2013. № 185. Ч. 3. С. 180–191.