

ТВАРИНИЦТВО

DOI: <http://phzt-journal.isgkr.com.ua/ua-66/14.pdf>

УДК 631.862.1:663.14.039.3

М. І. ВОРОБЕЛЬ, В. В. МОРОЗ, кандидати сільськогосподарських наук

В. В. КАПЛІНСЬКИЙ, кандидат ветеринарних наук

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Пустомитівського р-ну Львівської обл.,
81115, e-mail: vorobelmaria@gmail.com

ЕФЕКТИВНІСТЬ ДІЇ РІЗНИХ ДОЗ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ МЕГАНІТ НІРБАТОР НА ЕМІСІЮ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ У ГНОЄВОМУ СУБСТРАТІ ВРХ

Обґрунтовано потребу вдосконалення підходів щодо переробки відходів тваринництва, які завдають значної шкоди навколишньому природному середовищу і тому потребують ефективної та екологічно безпечної утилізації. Проаналізовано перспективи утилізації відходів тваринництва методом анаеробної ферментації, який сприяє комплексному вирішенню енергетичних, екологічних та агрохімічних проблем.

На основі проведених досліджень встановлено ефективну дію на процес метаногенезу в коров'ячому гної (*in vitro*) мікробного препарату меганіт нірбатор за мезофільних умов анаеробного зброджування. Результати досліджень показали, що внесення у гноєвий субстрат великої рогатої худоби мікробного препарату меганіт нірбатор незалежно від дози сприяє зростанню рівня вуглекислого газу і метану. Встановлено, що при додаванні у метаногенеруючу сировину мікробного препарату меганіт нірбатор у дозі 6 мл вихід метану та вуглекислого газу став стабільним на 16-ту добу спостереження і становив відповідно 20,1 й 10,5 мг/л. При застосуванні препарату меганіт нірбатор у дозі 12 мл рівень метану та вуглекислого газу зростав відповідно до 20,8 і 10,9 мг/л й після 23-ї доби став стабільним. Отже, вища доза препарату збільшує період ферментативної активності, що впливає на тривалість виходу CO₂ та CH₄ у субстраті. Таким чином, застосування у гноєвому субстраті мікробного препарату меганіт нірбатор у дозі 6 і 12 мл збільшує вихід вуглекислого газу та метану щодо контролю відповідно на 5 і 9 %. Отже, при додаванні у гній ВРХ мікробного препарату меганіт нірбатор у збільшеній в два рази дозі зростає вихід вуглекислого газу й метану на 4 %. Таким чином, на рівень виділення вуглекислого газу та метану з гноєвого субстрату корів ефективніше впливає мікробний препарат меганіт нірбатор у дозі 12 мл за рахунок підвищення активності процесу анаеробного зброджування біомаси.

Зростання рівня CO₂ та CH₄ при додаванні мікробного препарату меганіт нірбатор свідчить про ефективність його використання для активації анаеробної ферментативної активності, а отже, цей препарат може бути використаний для інтенсифікації виходу біогазу при переробці відходів тваринництва у біогазових установках.

Ключові слова: корови, гній, парникові гази, метан, вуглекислий газ, мікробний препарат, метаногенез, тваринництво.

Vorobel M., Moroz V., Kaplinsky V. Efficiency action of the different doses microbial preparation meganit nirbator on the emissions of greenhouse gases in the dung substrate of cattle

It is proved the need to improve the approaches to the processing of livestock wastes, which caused significant harm to the environment and therefore require efficient and ecological safe utilization. Prospects for the utilization of livestock waste by the method of anaerobic fermentation, which contributes to a complex decision of energy, ecological and agrochemical problems, are analyzed.

On the basis of the conducted researches of efficiency the action on the process of methanogenesis in cow dung (in vitro) of the microbial preparation meganit nirbator at the mesophilic conditions of anaerobic fermentation it was established. The results of researches showed that the introduction in the cattle dung substrate of the microbial preparation meganit nirbator regardless of doses contributed to the increasing levels of carbonic gas and methane. It was found that at the adding in the methane forming raw material of the microbial preparation meganit nirbator at a dose of 6 ml the output of methane and carbonic gas became stable on the 16th day of observation and amounted respectively to 20,1 and 10,5 mg/l. At the using of the preparation meganit nirbator at a dose of 12 ml, the level of methane and carbonic gas grew to 20,8 and 10,9 mg/l, respectively, and after 23 days became stable. Therefore, a higher dose of the preparation increased the period of fermentation activity, that affected on the duration of the output of CO₂ and CH₄ in the substrate. Thus, the use in the dung substrate of the preparation meganit nirbator at a dose of 6 and 12 ml increased the output of carbonic gas and methane relative to control by 5 and 9 %, respectively. Therefore, at the adding in the cattle dung of the microbial preparation meganit nirbator in the twice increased dose grew the output of carbonic gas and methane by 4 %. Thus, the level emission of carbonic gas and methane with the dung substrate of cows is more effectively influenced by the microbial preparation meganit nirbator at a dose of 12 ml by increasing the activity of the process of anaerobic fermentation of biomass.

Growth of the level of CO₂ and CH₄ at the adding of the microbial preparation meganit nirbator testified about the efficiency of its use for the activation of anaerobic fermentative activity and therefore, this preparation can be used for intensification the output of biogas in the processing of livestock waste in biogas installation.

Key words: cows, dung, greenhouse gases, methane, carbon dioxide, microbial preparation, methanogenesis, animal husbandry.

Вступ. Проблеми зміни клімату, високі ціни на традиційні енергетичні ресурси та прогнозований їх дефіцит, тобто можливість у перспективі виникнення енергетичної кризи й загострення екологічних проблем спонукають до постійного пошуку можливостей як економії енергоресурсів, так і використання нових їх видів, зокрема відновлюваних, що є актуальним завданням практично для всіх країн

світу, і зокрема України [2, 7, 11, 12, 14, 19, 28]. Стрімкий розвиток суспільства, науки і техніки, який спостерігається протягом останніх десятиліть, обумовив небачений до цього часу попит на енергоресурси, і тому для забезпечення сталого економічного розвитку потрібне збільшення обсягу енергії у декілька разів [6, 7, 10, 14, 15, 27]. Отже, найбільш перспективним шляхом вирішення проблеми енергозбереження є розвиток альтернативної енергетики і пошуки нових відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) [10, 13, 19, 22, 27, 36].

Освоєння нетрадиційних відновлюваних джерел енергії дасть можливість підвищити рівень енергетичної безпеки за рахунок заміщення органічного палива НВДЕ у паливно-енергетичному балансі країни, знизити негативний вплив на навколишнє природне середовище, прискорити розв'язання локальних і глобальних екологічних проблем, створити нові ринки товарів й послуг та збільшити використання сировини для неенергетичного споживання [6, 10, 13–15, 21]. Масштабне використання потенціалу відновлюваних джерел енергії в Україні має не тільки внутрішнє, а і значне міжнародне значення як вагомий чинник енергетичної незалежності, протидії глобальним змінам клімату на планеті, поліпшення загального стану європейської та світової безпеки, а також є одним з найважливіших стратегічних напрямів розвитку нашої держави [6, 14, 15]. Отже, відновлювані джерела енергії є не просто способом зменшення вуглеводневої енергетичної залежності, а їх перевагами є невичерпний ресурсний потенціал та екологічна чистота [6, 14–16, 19]. Невичерпність нетрадиційних видів ресурсів, незалежність їх від кон'юнктури на світовому ринку енергоносіїв та екологічність сприяють зростанню попиту на їх використання [15].

Україна володіє великим ресурсом нетрадиційних відновлюваних джерел енергії, зокрема щороку в нашій країні накопичуються мільйони тонн органічних відходів рослинного і тваринного походження, мікробіологічної та харчової промисловості [1, 9, 17, 21, 24, 31, 34], які потребують ефективної та екологічно безпечної утилізації та переробки [2, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 18, 20, 25, 32, 33]. Відповідно до оцінок Всесвітньої організації з продовольства та сільського господарства тваринництво відповідає за 18 % від усіх викидів парникових газів людства – це більше, ніж викиди від транспорту [13]. Успішний розвиток аграрного сектора економіки неможливий без стабільного розвитку тваринництва, відновлення якого супроводжуватиметься і збільшенням кількості відходів, які обумовлюють серйозну загрозу навколишньому природному середовищу, його екосистемам внаслідок забруднення повітря, води, ґрунту тощо [7, 8, 16–18, 34]. Згідно з літературними даними відомо, що від поголів'я тварин, яке утримують підприємства АПК,

утворюється понад 52 млн т гною за рік [3, 17, 31]. Сучасний потенціал використання гною залишається на низькому рівні, оскільки тривалий час його розцінювали переважно як органічне добриво [8, 18]. Лише впродовж останніх років почалося впровадження сучасних технологій ефективної утилізації відходів у біогазових установках для виробництва біогазу та органічних біодобрив [2]. Агропромисловий сектор України потенційно володіє ресурсами для виробництва біогазу, здатними замінити 2,6 млрд м³ природного газу на рік [22]. При подальшому розвитку сільського господарства цей потенціал може бути доведений, за різними оцінками, від 7,7 до 18 млрд м³/рік у еквівалентному перерахунку на природний газ [9, 19, 21, 22], а також дасть можливість знизити викиди парникових газів майже на 11 млн т на рік [11, 21]. Отже, саме розвиток біоенергетичної галузі в цілому й ринку біопалив зокрема відкриває Україні унікальний шанс – шлях до енергетичної та екологічно-продовольчої безпеки [2, 6, 7, 9, 10, 12, 19, 21, 22].

Біоенергетика заснована на використанні енергії біомаси – вуглецевмістких органічних речовин рослинного та тваринного походження [11, 12, 19, 21, 23, 24, 26]. Біомаса користується популярністю з давнини, але зараз вона невпинно зростає, оскільки за умов її використання можна заощадити, враховуючи постійне зростання цін на енергоресурси [7]. Крім того, вона є поновлюваним джерелом енергії, оскільки забезпечує 14 % споживання первинної енергії й нерідко є побічним продуктом виробництва [19, 23, 24, 26]. Біомаса, і зокрема відходи тваринництва, дає сьому частину світового обсягу палива, а за кількістю отриманої енергії займає поряд із природним газом третє місце. З біомаси одержують у 4 рази більше енергії, ніж дає ядерна енергетика [12]. На сьогодні широкого поширення набувають технології використання біомаси шляхом її конверсії на більш ефективні енергоносії, зокрема на біогаз, біодизельне моторне паливо, піролізний та генераторний газ, спиртові моторні палива [11, 12, 19, 27]. Серед енергоносіїв, отриманих із біомаси, за комплексною оцінкою, особливо за врахування нинішньої кон'юнктури цін на паливно-енергетичні ресурси, найбільш перспективним для України є біогаз, який складається на 55–70 % з метану, на 30–45 % – з вуглекислого газу та менш ніж на 1 % – з інших газів (сірководень, азот, ароматичні вуглеводні тощо) із теплотою згорання близько 20–25 МДж/м³ [1, 2, 5, 11, 13, 14, 23]. Виробництво біогазу з органічних відходів, які наявні в кожному господарстві у великому обсязі, дає можливість з максимальним сумарним ефектом вирішувати одночасно комплекс завдань: енергетичної (одержання енергії у вигляді біогазу), агрохімічної (одержання екологічно чистих органічних добрив) і екологічної (запобігання забрудненню

навколишнього природного середовища) з одночасною утилізацією відходів [2, 5, 8, 9, 11, 12, 16, 18–20, 22, 23, 25–27].

Внаслідок процесу метанового бродіння відходів отримується не тільки біогаз, але й високоякісне, висококонцентроване органічне добриво, позбавлене нітритів, насіння бур'янів, хвороботворної мікрофлори, яке має здатність поліпшити фізичні властивості ґрунту, а мінеральні речовини, які входять до його складу, є джерелом енергії для живлення ґрунтових мікроорганізмів [2, 7–9, 12, 18, 22, 23, 26, 27, 31]. Використання такого добрива збільшує врожайність у 2–4 рази і дозволить реалізувати повернення поживних речовин біомаси в ґрунт у найбільш легкодоступній формі й підвищити родючість ґрунтів [2, 23, 27]. Виробництво біогазу дозволяє так само знизити застосування хімічних добрив, зменшити навантаження на ґрунтові води, а також запобігає викидам метану в атмосферу, який має істотний вплив на глобальне потепління [9, 18, 23]. Біогаз, отриманий з органічного матеріалу, відрізняється меншою теплотворністю, проте створює значну конкуренцію енергоносіям за рахунок низької вартості або взагалі безкоштовної вихідної сировини [10, 12]. Теплотворна здатність кубічного метра біогазу еквівалентна 0,6 м³ природного газу, 0,7 л мазуту, 0,4 л гасу, 0,85 л спирту, 3,5 кг дров і становить 5,5–6,5 тис. ккал/м³ [10, 23, 26]. Таким чином, тваринництво на перспективу із найбільш збиткової галузі сільського господарства має перетворитися у високоефективний сектор економіки, оскільки ця галузь, крім основної продукції, продукує і побічну, а остання в процесі переробки забезпечує надходження додаткового доходу [8, 35]. Крім того, поширення технології анаеробної переробки відходів тваринництва для виробництва біогазу може стати складовою виконання зобов'язань щодо міжнародних домовленостей, зокрема зобов'язань України в рамках Енергетичного Співтовариства [12, 30]. Оскільки з лютого 2011 р. Україна є членом Європейського Енергетичного Співтовариства, метою діяльності якого є лібералізація енергетичних ринків та запровадження законодавчих норм Європейського Союзу у галузях електроенергетики, газу, охорони навколишнього середовища і відновлюваних джерел енергії, вона повинна виконати вимоги щодо недискримінаційного доступу біогазу до газової системи з урахуванням відповідних норм та стандартів до якості газу [1, 12, 30]. Крім того, частина зобов'язань України стосується охорони навколишнього середовища, зокрема щодо викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря [30]. Враховуючи наведене, перспективним завданням є пошук ефективних засобів для інтенсифікації виходу біогазу при переробці відходів тваринницьких комплексів, які б дали можливість збільшити обсяги виробництва

біогазу, тим самим забезпечивши збереження чистоти навколишнього природного середовища для майбутніх поколінь.

Матеріали і методи. Дослідження проведено в лабораторії екології Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН з використанням хімічних, аналітичних та математично-статистичних методів.

Для встановлення ефективності впливу різних доз мікробного препарату меганіт нірбатор на емісію парникових газів (CO_2 , CH_4) відбирали зразки гною у ДП «ДГ "Оброшине"», де утримують стадо української чорно-рябої молочної великої рогатої худоби (західний внутрішньопородний тип). У досліді метаногенеруючу сировину (гній) було представлено у трикратній повторності в таких варіантах: контроль – гній без внесення препаратів, I варіант – із застосуванням мікробного препарату меганіт нірбатор у дозі 6 мл; II варіант – із внесенням мікробного препарату меганіт нірбатор у дозі 12 мл.

Препарат меганіт нірбатор (ПП "Ексімінвест") складається з композиції 4 бактеріальних штамів: *Azotobacter chroococcum* – азотфіксуючі аеробні бактерії, оптимум рН – 7,0–7,5; *Azospirillum Lipoferum* – різосферна азотфіксуюча бактерія з оптимумом рН 7,0–7,5 та температури 20–30 °С; *Bacillus subtilis* – спороутворююча бактерія, яка володіє амілолітичною властивістю – здатна гідролізувати полісахариди до простих вуглеводів, ефективна проти фузаріозу, аспергільозу, різоктонії, фітопатогенного псевдомонасу; *Bacillus megatherium* – паличкоподібна бактерія з оптимумом рН 6,5–7,5 та температурою 28–35 °С, має амілолітичну активність, іммобілізує фосфор із складних сполук у формі P_2O_5 , має антифунгальні властивості.

Процес метанового бродіння проводили *in vitro*. Біомасу (гній великої рогатої худоби), розбавлену водою у співвідношенні 1:1, вносили у дослідну ємність, використовуючи колби, закриті пробками, для збереження герметичності та забезпечення анаеробних умов. У процесі проведення дослідження на кожному етапі метагенезу (гідроліз, окислення, ацетогенез, метаногенез) в досліджуваному матеріалі підтримували температурний режим та здійснювали контроль за рівнем рН середовища. Впродовж експерименту проводили перемішування досліджуваного субстрату шляхом інтенсивного струшування ємностей. Аналогічні умови перебігу процесу метаногенезу були як у контрольному варіанті, де анаеробне зброджування субстрату відбувалося за рахунок природної мікрофлори гною, так і у дослідних аналогах із застосуванням різних доз мікробного препарату меганіт нірбатор.

У гноєвому субстраті корів визначали кислотність за допомогою приладу рН-метр Тур N5170 (виробництва Польщі). У досліджуваному

субстраті проводили визначення рівня вуглекислого газу за методикою Н. В. Чибисової [29], а CH_4 – розрахунковим методом.

Статистичний аналіз отриманих результатів досліджень проводили за допомогою стандартного пакету статистичних програм *Microsoft EXCEL* та *AtteStat*.

Результати та обговорення. Процес метаногенезу відбувався за оптимальних показників бродіння відповідно до методики В. В. Шацького, О. Г. Скляра, Р. В. Скляра [5]. Швидкість і масштаби анаеробної ферментації метаногенних бактерій залежать від їх метаболічної активності [27]. Одним із суттєвих параметрів, які впливають на ферментативну активність і швидкість розмноження мікроорганізмів та синтез ними біогазу, є температурний режим [13, 19, 20, 25]. Тому в процесі проведення експерименту на кожному етапі метаногенезу (гідроліз, окислення, ацетогенез, метаногенез) гною у всіх варіантах підтримували мезофільний температурний режим у межах $33\text{ }^\circ\text{C}$. Відомо, що температурне значення $33\text{ }^\circ\text{C}$ відповідає найвищим метаболічним активностям мезофільного режиму, але ця діяльність майже повністю припиняється за температури нижче $15\text{ }^\circ\text{C}$ [4, 13, 27]. На стабільність процесу метаногенезу значний вплив має реакція поживного середовища (рН) [4, 19, 20, 25]. Впродовж періоду процесу ферментації відзначено зростання рівня рН від 6,5 до 7,8 од. (рис. 1), що свідчить про достатній рівень кислотності для розвитку бактерій.

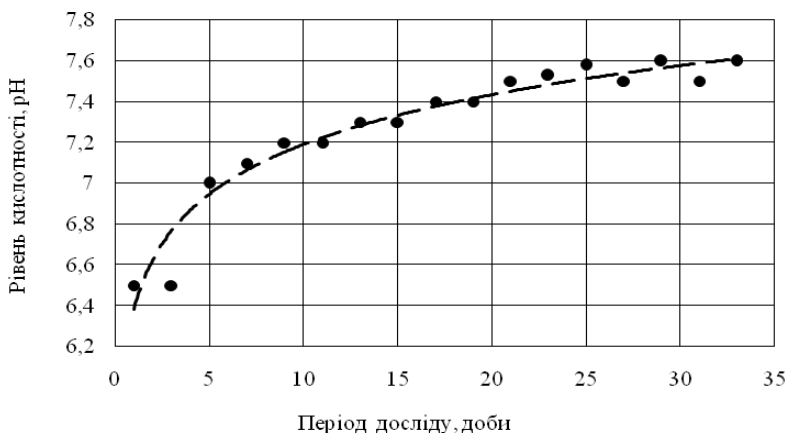


Рис. 1. Зміна рівня кислотності за період протікання процесу ферментації

Оптимальним значенням рН для процесу анаеробної ферментації є 7, а його коливання можуть перебувати в діапазоні 6,5–

8,5 од., адже при зниженні рН нижче 6,5 погіршується вихід біогазу на 30–40 %, а при рН 6,0 майже повністю гальмується розвиток метанової мікрофлори [3, 4].

Процес проходження етапів гідролізу, окислення (ацидогенез), утворення ацетату (ацетогенез) становив 33 доби. На початку утворення метану (34-та доба) в гноєвий субстрат корів внесено мікробний препарат меганіт нірбатор у різних дозах – 6 і 12 мл.

У подальших дослідженнях впродовж 23 діб після внесення мікробного препарату меганіт нірбатор спостерігали зростання рівня рН від 7,8 до 8,8, що свідчить про значну активність препарату (рис. 2).

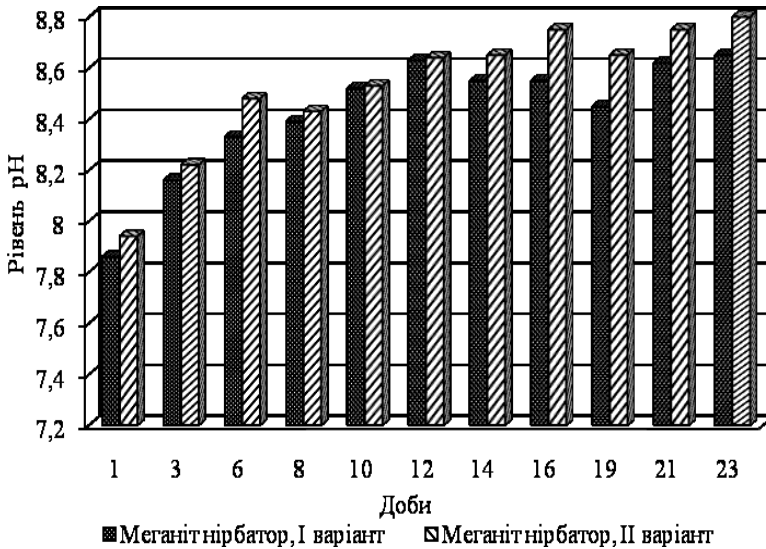


Рис. 2. Зростання рівня рН у дослідних варіантах

Одержані результати у процесі проведення дослідження із встановлення ефективності дії різних доз мікробного препарату меганіт нірбатор на емісію парникових газів у гноєвому субстраті ВРХ за анаеробних умов (*in vitro*) представлено на вказаних нижче рисунках (рис. 3, 4).

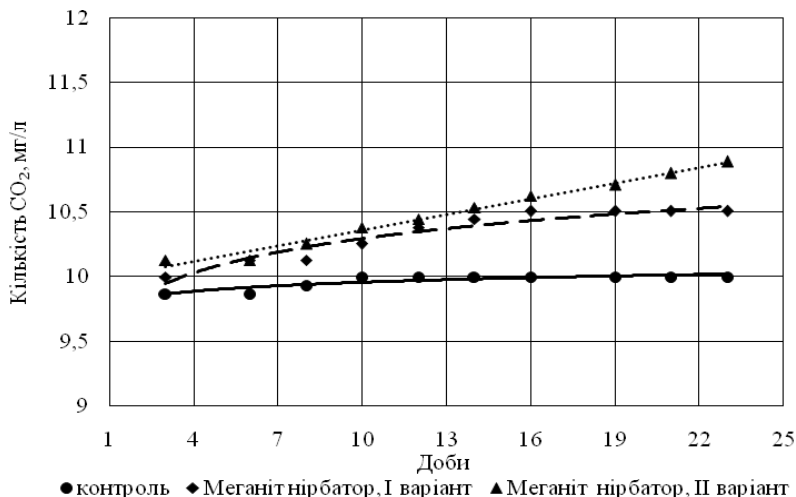


Рис. 3. Кількість виділеного вуглекислого газу у варіантах із застосуванням мікробного препарату меганіт нірбатор у процесі метаногенезу

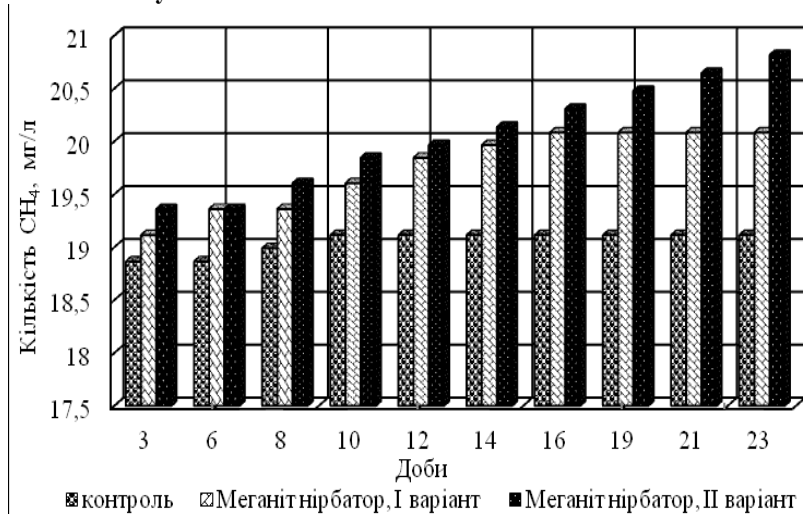


Рис. 4. Кількість виділеного метану у варіантах із застосуванням мікробного препарату меганіт нірбатор у процесі метаногенезу

Аналізуючи результати експериментальних досліджень, ми встановили, що у дослідних варіантах водночас із збільшенням рН середовища у гноевому субстраті корів (*in vitro*) зростає вихід

вуглекислого газу та метану за рахунок підвищення активності процесу анаеробного зброджування біомаси. При внесенні у гній корів мікробного препарату меганіт нірбатор у дозі 6 мл вихід метану та вуглекислого газу став стабільним на 16-ту добу спостереження і становив відповідно 20,1 й 10,5 мг/л. При додаванні в гноєвий субстрат ВРХ препарату меганіт нірбатор у дозі 12 мл рівень метану та вуглекислого газу зростав відповідно до 20,8 і 10,9 мг/л й після 23-ї доби став стабільним. Отже, вища доза препарату збільшує період ферментативної активності, що впливає на тривалість виходу CO_2 та CH_4 у субстраті. Експериментально доведено, що у варіанті з внесенням у гноєву масу корів мікробного препарату меганіт нірбатор у дозі 6 мл спостерігається зростання рівня CO_2 та CH_4 на 5 %, а при застосуванні мікробного препарату меганіт нірбатор у дозі 12 мл вихід вуглекислого газу та метану був вищий за контроль на 9 %. При внесенні в гній ВРХ мікробного препарату меганіт нірбатор у збільшеній в два рази дозі зростає кількість вуглекислого газу й метану на 4 %. Таким чином, на рівень виділення вуглекислого газу та метану з гноєвого субстрату корів за мезофільних умов анаеробного бродіння ефективніше впливає мікробний препарат меганіт нірбатор у дозі 12 мл.

Зростання рівня CO_2 та CH_4 при додаванні мікробного препарату меганіт нірбатор свідчить про ефективність його використання для активації анаеробної ферментативної активності, а отже, цей препарат може бути використаний як стимулятор інтенсифікації виходу біогазу в біогазових установках.

Висновки. Встановлено ефективну дію на процес метаногенезу в коров'ячому гної (*in vitro*) мікробного препарату меганіт нірбатор при мезофільних умовах анаеробного зброджування. Експериментально підтверджено, що застосування у гноєвому субстраті вказаного препарату у дозі 6 і 12 мл збільшує вихід вуглекислого газу та метану відповідно на 5 і 9 %.

Список використаної літератури:

1. Білоскурський Р. Р. Зарубіжний досвід та національні особливості забезпечення інноваційного еколого-економічного розвитку. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2017. № 24 (ч. 1). С. 175–179.
2. 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.

References:

1. Biloskursky R. R. Foreign experience and national features of providing innovative ecological and economic development *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu*. 2017. No 24 (Part 1). P. 175–179.
2. Binkovska H. V., Shanina T. P. An estimation of amount greenhouse gas emissions in agricultural waste treatment systems in the Odessa region. *Visnyk KhNU imeni V. N. Karazina (Serii «Ekolohiia»)*. 2016. Issue 14. P. 91–97.
3. Vorobel M. I., Moroz V. V.,

3. Воробель М. І., Мороз В. В., Каплінський В. В. Ефективність дії природних мінералів на емісію парникових газів у гноєвому субстраті. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8. С. 35–47. DOI: 10.31073/agrovisnyk201810-05.

4. Вплив режимів метанового бродіння на ефективність виробництва біогазу / В. М. Поліщук та ін. *Наук. вісн. Національного університету біоресурсів і природокористування*. 2013. № 185, ч. 3. С. 180–191.

5. Вплив структури субстрату на вихід біогазу при метановому зброджуванні / В. В. Шацький та ін. *Праці ТДАТУ*. 2013. Вип. 13, т. 3. С. 3–12.

6. Гайдаєнко І. Альтернативна енергетика в Україні: стан та перспективи розвитку. *Наукові записки з української історії: зб. наук. статей*. 2014. Вип. 34. С. 146–151.

7. Гуменюк О. Б., Семенюк Н. В. Виробництво біогазу – нова ринкова ніша для побудови високорентабельного бізнесу, складова розвитку енергетичної галузі України. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2012. № 6. С. 69–74.

8. Демчук М. В., Решетник А. О., Лайтер-Москалюк С. В. Проблеми утилізації гною в сучасному тваринництві. *Наук. вісн. ЛНУВМ та БТ імені С. З. Гжицького*. 2010. Т. 12, № 3 (4). С. 188–195.

9. Калетнік Г. М., Здирко Н. Г., Фабіяньська В. Ю. Біогаз в домогосподарствах – запорука енергонезалежності сільських територій України. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2018. № 8. С. 7–22.

10. Качан Ю. Г., Коваленко В. Л., Лапикова О. І. Аналіз ефективності та перспектив розвитку біогазової енергетики. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2015. № 3. С. 79–83.

11. Климчук О. В., Грох Н. В. Виробництво біогазу: досвід зарубіжних країн та перспективи розвитку в Україні. *Збірник наукових праць ВНАУ (Серія «Економічні науки»)*. 2012. № 2 (64). С. 50–54.

12. Козій І. С., Мелейчук С. С., Волохін В. В. Виробництво біогазу з

Kaplinsky V. V. Efficiency of action of natural minerals at emission of greenhouse gases in substratum of dung. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2018. No 8. P. 35–47. DOI: 10.31073/agrovisnyk201810-05.

4. Influence of methane fermentation regimes on the efficiency of biogas production / V. M. Polishchuk et al. *Nauk. visn. Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia*. 2013. No 185, part 3. P. 180–191.

5. Influence of substrate structure on biogas yield during methane digestion / V. V. Shatsky et al. *Pratsi TDATU*. 2013. Issue 13, vol. 3. P. 3–12.

6. Gaidaienko I. Alternative energy in Ukraine: status and prospects. *Naukovi zapysky z ukrainskoi istorii* : zb. nauk. statei. 2014. Issue 34. P. 146–151.

7. Humeniuk O. B., Semeniuk N. V. Biogas production – a new market niche for building a highly profitable business, a component of the development of Ukraine's energy industry. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. 2012. No 6. P. 69–74.

8. Demchuk M. V., Reshetnyk A. O., Laiter-Moskaliuk S. V. Problems of manure utilization in modern animal husbandry. *Nauk. visn. LNUVM ta BT imeni S. Z. Gzhytskoho*. 2010. Vol. 12, No 3 (4). P. 188–195.

9. Kaletnik H. M., Zdyrko N. H., Fabiianska V. Yu. Biogas in households as the base of the energy savings of the rural areas in Ukraine. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky*. 2018. No 8. P. 7–22.

10. Kachan Yu. H., Kovalenko V. L., Lapikova O. I. Analysis of efficiency and development prospect of biogas energetic. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*. 2015. No 3. P. 79–83.

11. Klymchuk O. V., Grokh N. V. Production of biogas: experience of foreign countries and prospect of development in Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU (Serii «Ekonomichni nauky»)*. 2012. No 2 (64). P. 50–54.

12. Kozii I. S., Meleichuk S. S., Volokhin V. V. Biogas production from animal wastes as an element of energy and resource saving. *Scientific Journal «Science Rise»*. 2014. No 1. P. 18–21.

- відходів тваринництва як елемент енергоресурсозбереження. *Scientific Journal «Science Rise»*. 2014. № 1. С. 18–21.
13. Куценко Ю. М. Обґрунтування параметрів біогазових установок у тваринництві та їх автоматизація. *Наук. вісн. ТДАТУ*. 2014. Вип. 4, т. 1. С. 137–144.
14. Куценко Ю. М. Технологічні аспекти та технічні засоби виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ*. 2014. Вип. 14, т. 3. С. 165–173.
15. Лішук В. І., Лішук М. Є., Московчук А. Т. Використання відновлюваних ресурсів в енергетиці: світові стратегії та сценарії розвитку енергетичного ринку. *Економічний форум*. 2017. № 2. С. 30–35.
16. Маменко О. М., Портянник С. В. Нетрадиційні відновлювані джерела енергії та перспективи виробництва біогазу в умовах тваринницьких комплексів. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини*. 2016. Вип. 32, ч. 1. С. 231–249.
17. Мартенюк Г. М. Біоконверсія органічних відходів. *Органічне виробництво і продовольча безпека*: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф., Житомир, 5–6 верес. 2017 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2017. С. 87–91.
18. Мітков Б. В., Чорна Т. С., Мітков В. Б. Обґрунтування ефективності отримання біогазу з відходів тваринництва. *Наук. вісн. ТДАТУ*. 2012. Вип. 2, т. 5. С. 215–219.
19. Панчук М. В., Шлапак Л. С. Аналіз перспектив розвитку виробництва та використання біогазу в Україні. *Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ*. 2016. № 3 (60). С. 26–33.
20. Передерій Н. О. Отримання енергії з біогазу – перспективи розвитку технології. *Вісник ЖДТУ*. 2008. № 2 (44). С. 281–284.
21. Пилипенко Т. В. Біоенергетичний потенціал аграрного сектора як передумова сталого розвитку України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 2. С. 51–56.
22. Примаченко С., Кустовська А. Біогазові технології – шлях до
13. Kutsenko Yu. M. Justification of the parameters of biogas plants in animal husbandry and their automation. *Nauk. visn. TDATU*. 2014. Issue 4, vol. 1. P. 137–144.
14. Kutsenko Yu. M. Technological aspects and technical means of the biogas production. *Pratsi TDATU*. 2014. Issue 14, vol. 3. P. 165–173.
15. Lishchuk V. I., Lishchuk M. Ye., Moskovchuk A. T. Use of renewable energy resources: global strategy and scenarios of energy market development. *Ekonomichnyi forum*. 2017. No 2. P. 30–35.
16. Mamenko O. M., Portiannyk S. V. Non-traditional renewable energy sources and perspectives of biogas production in conditions of the livestock complexes. *Problemy zoonzhenerii ta veterinarynoi medytsyny*. 2016. Issue 32, part 1. P. 231–249.
17. Marteniuk H. M. Bioconversion of organic waste. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka*: materialy V Mizhnar. nauk.-prakt. konf., Zhytomyr, 5–6 veres. 2017 r. Zhytomyr: ZhNAEU, 2017. P. 87–91.
18. Mitkov B. V., Chorna T. S., Mitkov V. B. Development of technological line receipts of biogas from offcuts of stock-raising. *Nauk. visn. TDATU*. 2012. Issue 2, part 5. P. 215–219.
19. Panchuk M. V., Shlapak L. C. Analysis of prospects for development of biogas production and use in Ukraine. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh ta hazovykh rodovysch*. 2016. No 3 (60). P. 26–33.
20. Perederii N. O. Obtaining energy from biogas – prospects for technology development. *Visnyk ZhDTU*. 2008. No 2 (44). P. 281–284.
21. Pylypenko T. V. Bioenergy potential of the agricultural sector as a prerequisite for sustainable development of Ukraine. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia*. 2014. Issue 2. P. 51–56.
22. Prymachenko S., Kustovska A. Biogas technologies are the way to Ukraine's energy independence. *Aktualni problemy khimii ta khimichnoi tekhnologii*: Vseukr. nauk.-prakt. konf., Kyiv, 14 zhovt. 2014 r. Kyiv: NUKhT, 2014. P. 253–254.
23. Serohin O. O., Vasylenko O. V., Sinchenko V. M. Using biomass energy as a first step towards energy independence.

енергонезалежності України. *Актуальні проблеми хімії та хімічної технології*: Всеукр. наук.-практ. конф., Київ, 14 жовт. 2014 р. Київ: НУХТ, 2014. С. 253–254.

23. Сьрьогін О. О., Василенко О. В., Сінченко В. М. Використання енергії біомаси як перший крок до енергетичної незалежності. *Біоенергетика*. 2013. № 1. С. 30–32.

24. Соколовська І. Я., Мельник М. Б., Підховна С. М. Біогаз як перспективний напрям використання відходів сільськогосподарського виробництва. *Наук. вісн. НУБП України*. 2013. Вип. 181 (1). С. 113–117.

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

26. Уминський С. М. Технології одержання біогазу і органічних добрив в агровиробництві. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2013. Вип. 67. С. 167–176.

27. Утилізація відходів з отриманням біопалива і добрив / В. І. Карпенко та ін. *Проблеми екологічної біотехнології*. 2012. № 2. С. 97–123.

28. Ферментативна активність гною за використання біологічно активних препаратів / В. В. Мороз та ін. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 6. С. 48–52. DOI: 10.31073/agrovisnyk201806-08.

29. Чибисова Н. В. Практикум по экологической химии: учеб. пособие. Калининград, 1999. 94 с.

30. Шульц Р. Виробництво і використання біогазу в Україні. К.: Бізнес-центр «Євразія», 2012. 40 с.

31. Щербак Б. В., Лобова О. В., Лаукерт К. О. Отримання рідких органічних добрив методом ферментації гною великої рогатої худоби. *Збірник наукових праць SWORLD*. 2014. Т. 34, № 1. С. 89–93.

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

Bioenerhetyka. 2013. No 1. P. 30–32.

24. Sokolovska I. Ya., Melnyk M. B., Pidkhovna S. M. Biogas as a promising direction of agricultural waste utilization. *Nauk. visn. NUBP Ukrainy*. 2013. Issue 181 (1). P. 113–117.

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

26. Umynskiy S. M. Technologies for production of biogas and organic fertilizers in agricultural production. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria*. 2013. Issue 67. P. 167–176.

27. Utilization of waste with biofuel and fertilizers obtaining / V. I. Karpenko et al. *Problemy ekolohichnoi biotekhnolohii*. 2012. No 2. P. 97–123.

28. Fermentation activity of dung at use of biologically active specimens / V. V. Moroz et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2018. No 6. P. 48–52. DOI: 10.31073/agrovisnyk201806-08.

29. Chibisova N. V. Practicum on environmental chemistry: A textbook. Kaliningrad, 1999. 94 p.

30. Shults R. Biogas production and use in Ukraine. K.: Biznes-tsent «Yevraziia», 2012. 40 p.

31. Shcherbak B. V., Lobova O. V., Laukert K. O. Production of liquid organic fertilizers by fermentation of cattle manure. *Zbirnyk naukovykh prats SWORLD*. 2014. Vol. 34, No 1. P. 89–93.

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

33. Broucek J. Production of methane emissions from ruminant husbandry: A review. *Journal of Environmental Protection*. 2014. Vol. 5. P. 1482–1493.

34. Greenhouse gas mitigation in agriculture / Smith P. et al. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2008. Vol. 363. P. 789–813.

35. Monteny G. J., Bannink A., Chadwick D. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture, ecosystems and environment*. 2006. Vol. 112, Issue 2/3, No 2. P. 163–170.

36. Monteny G. J., Groenestein C. M., Hilhorst M. A. Interactions and coupling

P. 107–124.

33. Broucek J. Production of methane emissions from ruminant husbandry : A review. *Journal of Environmental Protection*. 2014. Vol. 5. P. 1482–1493.

34. Greenhouse gas mitigation in agriculture / Smith P. et al. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2008. Vol. 363. P. 789–813.

35. Monteny G. J., Bannink A., Chadwick D. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture, ecosystems and environment*. 2006. Vol. 112, Issue 2/3, № 2 P. 163–170.

36. 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. Vol. 60, Issue 1/3. P. 123–132.

between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2001. Vol. 60, Issue 1/3. P. 123–132.

Отримано 09.10.2019.