УДК 636.2:612.32:631.223:504

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ВІД КИШКОВОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ В УМОВАХ УКРАЇНИ

В.І. Костенко, доктор сільськогосподарських наук
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Ю.В. Пироженко, магістр біології, Фонд цільових екологічних (зелених) інвестицій

Викладено результати національної інвентаризації викидів метану від кишкової ферментації великої рогатої худоби на основі підходу, який базується на даних щодо кількості і структури спожитих кормів та їх енергетичної цінності. Запропоновані коефіцієнти для оцінки середньорічних обсягів викидів метану від кишкової ферментації тварин.

Метаногенез, емісія метану, велика рогата худоба, методика, коефіцієнти, інвентаризація.

Метан (CH_4) – парниковий газ (ПГ), який за об'ємом антропогенних викидів в атмосферу серед усіх газів, які спричиняють парниковий ефект поступається лише двоокису вуглецю. Концентрація метану в атмосфері порівняно з доіндустріальною епохою збільшилась у 2,5 раза і на сучасному етапі становить близько 1,8 ppm (parts per million – частин на мільйон) [17]. Незважаючи на те, що концентрація CO_2 в атмосфері у 210 разів перевищує аналогічні показники для метану, в розрахунку на одну молекулу газу внесок CH_4 в поглинання інфрачервоного випромінювання від земної поверхні є значно вищим ніж двоокису вуглецю.

За оцінками Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК), близько половини антропогенних викидів метану у світі припадає на сільське господарство. При цьому, ключовим джерелом викидів цього ПГ в аграрному секторі є бродильні процеси, які відбуваються в рубці жуйних тварин в анаеробних умовах за участю метанових бактерій (32 % загальних викидів ПГ у секторі станом на 2005 р.). Поряд з викидами CH_4 з вугільних шахт, а також при видобуванні, транспортуванні, зберіганні, розпо-

© В.І. Костенко, Ю.В. Пироженко, 2012

ділі та використанні нафти та газу, кишкова ферментація жуйних тварин, зокрема, великої рогатої худоби, є одним з найбільших джерел викидів метану у глобальних масштабах. Викиди метану від кишкової ферментації великої рогатої худоби поряд з викидами ПГ у категоріях, перелік яких визначений у додатку А до Кіотського протоколу, є предметом щорічної інвентаризації в Україні згідно з вимогами статей 4 та 12 Рамкової конвенції ООН про зміну клімату.

Мета дослідження – проаналізувати існуючі методики оцінки емісії метану великою рогатою худобою та запропонувати найприйнятнішу для України.

Матеріали і методи дослідження. Існує ряд методів оцінки рівня метаногенезу та емісії метану від кишкової ферментації жуйних тварин: розрахункові, респіраційні, ізотопні та неізотопні.

Найточніші результати можна отримати завдяки оцінці газообміну тварин у респіраційних камерах. Свого часу в Радянському Союзі були проведені масштабні дослідження на сільськогосподарських тваринах за респіраційним методом [16, 10]. Досліди проводилися в апаратах закритої системи. Недоліки роботи апаратів закритої системи були виправлені в апаратах відкритої системи, де в камеру надходить свіже повітря. Бувають апарати, які комбінують обидві системи, до таких належить універсальний апарат Цунтца.

До недоліків респіраційних методів слід віднести те, що такий підхід дає похибку так званого «шкідливого простору», пов'язану з невідповідністю розмірів тварин, крім того, такі дослідження ефективні лише при виконанні фундаментальних робіт у стаціонарних умовах і не придатні для оцінки втрат енергії з метаном за умов виробництва [14].

Нині досить перспективними є неізотопні методи, в основу яких покладено введення до рубця тварин певного інертного газу-мітки і подальшого аналізу зразків суміші газів, що виділяються у навколишнє середовище. Неізотопні методи можуть застосовуватись як у лабораторних дослідах, так і у польових умовах. Так, зокрема, розроблена D.E. Johnson et.al. [2] SF_6-трейсова методика, яка передбачає проведення безпосереднього відбору газів від тварин із використанням газу-мітки - SF_6 та подальшим аналізом відібраних проб на газовому хроматографі, була застосована для вимірювання втрат енергії з метаном у великої рогатої худоби в окремих регіонах України (Івано-Франківська, Львівська та Харківська обл.) [14]. Суть методики полягає у вимірюванні концентрації метану щодо концентрації газу-маркера, який утворюється в рубці тварин. Заздалегідь виміряна швидкість емісії SF_6 дає змогу досить точно вирахувати об'єм виділеного з рубця метану. Результати порівняння даних вимірювань за SF_6-трейсовою та респіраційною методиками дають змогу зробити висновок про відсутність вірогідної різниці між ними (при застосуванні SF_6 − методики встановлена емісія метану становила 11,53±0,41 л/год, а у респіраційних дослідах – 12,35±0,33 л/год).

Проте незважаючи на надійність результатів експериментальних досліджень, найпоширенішими на тепер є розрахункові методи: інкубація

in vitro, розрахунки на підчтаві молярного співвідношення ЛЖК у рубці та валової енергії спожитих тваринами кормів раціону.

Останній підхід найчастіше використовують для розрахунків у глобальних масштабах (регіон або країна), оскільки він дає змогу максимально враховувати різницю у рівні споживання кормів, їх поживній цінності, продуктивності худоби, структурі породного складу та раціонів тварин залежно від природних зон, а також умов їх утримання на рівні країни впродовж ряду років.

Так, завдяки дослідженням Хангейта були вперше запропоновані рівняння регресії для визначення продукції метану за кількостю перетравлених у травному каналі сполук. Підсумкове рівняння для оцінки втрат енергії з метаном виглядає так:

$$CH_4(МДж) = 1{,}837 + 1{,}142\,ПРР + 2{,}142\,ПГ + 5{,}828\,ПЦ, \quad (1)$$

де $ПРР$ – маса перетравних розчинних речовин, кг; $ПГ$ – маса перетравної геміцелюлози, кг; $ПЦ$ – маса перетравної целюлози, кг.

На підставі експериментальних досліджень було також виведене таке рівняння для розрахунку кількості метану, який виділяється за підтримуючого рівня годівлі у великої рогатої худоби й овець:

$$CH_4(\%BE) = 3{,}67 + 0{,}062 \cdot \%\ перетравності\ СР\ корму. \quad (2)$$

Кількість метану, який виділяється внаслідок кишкової ферментації великої рогатої худоби залежно від складу раціону, маси тіла тварин та надоїв можна визначити зважаючи на формули, запропоновані Shibatu Masaki et al. (1992), Kirchgessner et al. (1994), а також Johnson, Ward (1996).

Зокрема, згідно з Shibatu Masaki et al. (1992) об'єм метану можна визначити за формулою:

$$CH_4(л/день) = 0{,}0305 \cdot споживання\ СР\ (г/день) - 4{,}441. \quad (3)$$

Kirchgessner et al. (1994) наводять такі рівняння:

$$CH_4(Мкал/день) = 0{,}76 + 1{,}05СКл + 0{,}13БЕР + 0{,}35СП - 2{,}81СЖ. \quad (4)$$

для зеленої маси:

$$CH_4(г/день) = 10 + 4{,}9 \cdot надій\ (кг/день) + 1{,}5 \cdot W^{0{,}75}. \quad (5)$$

для силосу:

$$CH_4(г/день) = 59 + 4{,}9 \cdot надій\ (кг/день) + 1{,}5 \cdot W^{0{,}75}. \quad (6)$$

Johnson, Ward (1996) запропонували рівняння:

$$CH_4(Мкал/день) = 0{,}54 + 0{,}39Цукор + 0{,}08Крохмаль + 0{,}68Клітковина\ стінок. \quad (7)$$

У методичних рекомендаціях МГЕЗК [18, 19] запропоновані два підходи до оцінки викидів ПГ від кишкової ферментації великої рогатої худоби, які вирізняються рівнем деталізації. Метод рівня 1 є спрощеним підходом, для оцінки викидів, за яким необхідні лише дані щодо поголів'я молочної та немолочної великої рогатої худоби і коефіцієнти викидів, які виведені загалом для країн Східної Європи [18, 19].

На противагу до зазначеного методу, підхід рівня 2 є більш точним, оскільки для розрахунку викидів метану за цим рівнянням використовуються деталізовані величини поголів'я тварин у межах статевих і вікових груп та коефіцієнти викидів. Останні базуються на даних щодо валової

енергії та коефіцієнта перетворення метану і враховують ряд специфічних для умов країни чинників, серед яких середня маса тварин та добові прирости худоби, умови годівлі, надої та жирність молока, відсоток корів, що отелилися протягом року, перетравність кормів тощо. До недоліків підходу рівня 2 належить те, що методика розрахунку за ним передбачає виведення значень валової енергії зворотним шляхом, тобто виходячи з витрат продуктивної енергії на одиницю приросту маси тварин, надоїв молока тощо, в той же час, пряма залежність між кількістю спожитої з кормами енергії та її перетворенням на продукцію спостерігається не завжди [1].

Тому, був розроблений специфічний для України підхід [13], який враховує надходження енергії до організму великої рогатої худоби навпрямець, виходячи з кількості та складу спожитих кормів. Метод характеризується надійністю та універсальністю, тобто розрахунки за ним можна проводити як у масштабах регіону або країни, так і на рівні окремого підприємства. Разом з тим, цей підхід має деякі слабкі сторони, зокрема, він базується на усереднених раціонах і не враховує відмінності між ними залежно від природної зони, рівня продуктивності тварин та інших чинників. У зв'язку з цим постала необхідність вдосконалення розробленого підходу.

Пропонована методика для оцінки викидів метану від кишкової ферментації худоби ґрунтується на даних щодо:

середньорічного поголів'я тварин;

кількості валової енергії в кормах раціонів;

частки валової енергії, яка витрачається на утворення метану.

Для відображення різниці у структурі кормових раціонів, кількості спожитих кормів та інших показниках, поголів'я великої рогатої худоби розподілялося за сільськогосподарськими підприємствами та господарствами населення, природними зонами, а також статевими і віковими групами.

Як джерела інформації щодо поголів'я великої рогатої худоби станом на 1 січня відповідного року у межах категорій господарств та статевих і вікових груп слугували статистичні матеріали: чисельність корів та іншої великої рогатої худоби у суспільному та приватному секторах, які утримуються у зонах Полісся, Лісостепу та Степу базуються на матеріалах у межах регіонів [15].

Середньорічне поголів'я худоби визначали розраховуючи середньоарифметичне між поголів'ям на початок та кінець року [11, 12].

Кількість валової енергії в кормах розраховувалась у межах статевих, вікових та виробничих груп худоби, а також зон Полісся, Лісостепу та Степу для раціонів, які відповідають середньому рівню продуктивності молодняку та молочної великої рогатої худоби 5 та 10 кг/голову за добу. З урахуванням кормових умов зон Полісся, Лісостепу та Степу в розрахунках використані три типи годівлі великої рогатої худоби (силосно-коренеплідний, силосно-жомовий та силосний відповідно) та тварин на відгодівлі (комбінований, жомовий та силосний відповідно).

Аналіз схеми зеленого конвеєра господарств України свідчить, що у середньому 50 % його складають злакові, а решту 50 % − бобові та інші культури [1]. Частки природних сінокосів та пасовищ у складі зеленого

конвейера для зон Полісся, Лісостепу та Степу прийняті рівними 0,6, 0,15 та 0,12 відносних одиниць відповідно.

Для розрахунку надходження валової енергії в організм тварин з 1 кг певного корму використана формула [7], яка базується на експериментальних даних та передбачає перемноження кількості поживних речовин у кормах на відповідні енергетичні еквіваленти:

$$GE = 0{,}0239 \cdot CP + 0{,}0398 \cdot CF + 0{,}0201 \cdot CC + 0{,}017 \cdot ES\,, \qquad (8)$$

де GE – кількість валової енергії в 1 кг кормів, МДж; CP – вміст у кормах сирого протеїну, г; CF – вміст у кормах сирого жиру, г; CC – вміст у кормах сирої клітковини, г; ES – вміст у кормах безазотистих екстрактивних речовин (БЕР), г.

Формулу для оцінки кількості валової енергії в кормах раціонів для i-ї групи великої рогатої худоби G_i в МДж/голову за добу можна подати в такому вигляді:

$$G_i = \left[F_{ri} \sum_n \sum_j (g_{rj} \cdot \alpha_{ijn}) f_{nq} + F_{gi} \sum_n \sum_k (g_{gk} \cdot \beta_{ikn}) f_{nq} + F_{si} \sum_n \sum_l (g_{sl} \cdot \delta_{i\ln}) f_{nq} + F_{ci} \sum_n \sum_m (g_{cm} \cdot \varepsilon_{imn}) f_{nq} \right] \Big/ N_{ai} / 365, \qquad (9)$$

де i – індекс статевої і вікової групи великої рогатої худоби; j,k,l,m – індекси видів продукції рослинництва у складі грубих, зелених, соковитих та концентрованих кормів відповідно; n – індекс природної зони (Полісся, Лісостеп та Степ); q – індекс категорії господарств (сільськогосподарські підприємства та домогосподарства); $g_{rj}, g_{gk}, g_{sl}, g_{cm}$ – кількість валової енергії в 1 кг j-го, k-го, l-го та m-го видів продукції рослинництва у складі відповідно грубих, зелених, соковитих та концентрованих кормів, МДж/кг; $\alpha_{ijn}, \beta_{ikn}, \delta_{i\ln}, \varepsilon_{imn}$ – значення вагових часток j-го, k-го, l-го та m-го видів продукції рослинництва у складі відповідно грубих, зелених, соковитих та концентрованих кормів для i-ї групи великої рогатої худоби в n-й природній зоні, відносних одиниць; f_{nq} – частка поголів'я корів (іншої великої рогатої худоби) у господарствах q-ї категорії в межах n-ї природної зони, відносних одиниць; $F_{ri}, F_{gi}, F_{si}, F_{ci}$ – кількість відповідно грубих, зелених, соковитих та концентрованих кормів у складі раціонів великої рогатої худоби i-ї групи, кг за рік; N_{ai} – поголів'я *i*-ї групи великої рогатої худоби, голів.

Формула для розрахунку надходження валової енергії з кормами раціонів для i-ї групи великої рогатої худоби G_{xi} на рівні регіону або окремого господарства набуває такий вигляд:

$$G_{xi} = \left[F_{ri} \sum_j \left(g_{rj} \cdot \alpha_{ij}\right) + F_{gi} \sum_k \left(g_{gk} \cdot \beta_{ik}\right) + F_{si} \sum_l \left(g_{sl} \cdot \delta_{il}\right) + F_{ci} \sum_m \left(g_{cm} \cdot \varepsilon_{im}\right) \right] \Big/ N_{ai} / 365\,. \qquad (10)$$

Коефіцієнт викидів метану від кишкової ферментації худоби *i*-ї групи k_{yi} розраховували за формулою:

$$k_{yi} = \frac{G_i \cdot Y_m}{55{,}65 \cdot 365}\,, \qquad (11)$$

де G_i – валова енергія в кормах для *i*-ї групи великої рогатої худоби, МДж/голову за добу; Y_m – коефіцієнт перетворення метану, відносних одиниць; $55{,}65$ – коефіцієнт конверсії, МДж/кг.

Викиди метану V_{yi} від *i*-ї групи великої рогатої худоби визначалися за формулою:

$$V_{yi} = \frac{k_{yi} \cdot N_{ai}}{1000}. \quad (12)$$

Загальні викиди метану V_y оцінювались як сума викидів від кишкової ферментації худоби всіх статевих і вікових груп по сільськогосподарських підприємствах та у господарствах населення:

$$V_y = \sum_i V_{yi}. \quad (13)$$

Як дані щодо хімічного складу кормів використані результати багаторічних досліджень, проведених на базі науково-дослідних установ та проектно-розвідувальних станцій хімізації сільського господарства [3, 4, 9], часток продуктів рослинництва в кормовому балансі концентрованих, грубих, соковитих та зелених кормів у межах статевих і вікових груп великої рогатої худоби та природних зон [2].

Хімічний склад кормів значною мірою визначається фазою вегетації культур (колосіння, цвітіння, вихід у трубку тощо). При визначенні фази вегетації, яка є оптимальною для згодовування культур худобі, брали до уваги дані довідкових публікацій [6].

Джерелом даних щодо витрат грубих, соковитих, концентрованих та зелених кормів у кормових одиницях у межах корів, бугаїв-плідників молочного стада та іншої великої рогатої худоби по сільгосппідприємствах та господарствах населення є статистика.

Для приведення зазначених даних у формат, придатний для розрахунку викидів необхідно було:

розрахувати загальну кількість спожитих кормів всіх видів у кормових одиницях для кожної групи худоби, використаної при інвентаризації ПГ;

для кожної групи тварин визначити кількість спожитих кормів у кормових одиницях, згрупувавши їх на грубі, соковиті, концентровані та зелені;

за допомогою коефіцієнтів енергетичної цінності кормів здійснити конверсію значень витрат кормів з кормових одиниць у натуральні (кг).

З метою розрахунку кількості спожитих кормів всіх видів у межах статевих і вікових груп великої рогатої худоби, прийнятих для інвентаризації ПГ були використані нормативні показники витрат кормів у кормових одиницях на голову за добу [5, 6, 8], які перемножувалися на поголів'я тварин певної групи для виведення загальних витрат кормів.

Зважаючи на те, що норми годівлі для певної статевої і вікової групи худоби відрізняються залежно від породного складу, середньої маси, приростів, рівня навантаження (для бугаїв) та показників продуктивності, були визначені типові для умов України величини. Дані щодо структури породного складу великої рогатої худоби та середньої маси статевих і вікових груп худоби у межах порід отримані від Національного університету біоресурсів і при-

родокористування України. Значення приростів маси для молодняку та відгодівельного поголів'я тварин прийняті за довідниками [6, 8].

Середньозважені за породами дані щодо середньої маси тварин, приростів та відповідні нормативи витрат кормів, прийняті до розрахунків, наведено в табл. 1.

1. Величини середньої маси тварин, середньодобових приростів худоби та відповідні норми годівлі

Статева, вікова чи виробнича група	Середня маса, кг	Середньодобові прирости маси, г	Норми годівлі, корм.од./голову за добу
Корови молочного стада*	577	-	Не оцінювались
Бугаї-плідники	902	-	8,5
Корови м'ясних порід	535	-	8,7
Велика рогата худоба на відгодівлі та нагулі (за виключенням корів)**	290	660	4,9
Корови на відгодівлі та нагулі**	469	900	9,8
Телиці від 1 до 2 років	382	475	6,2
Телиці від 2 років і старше	462	525	7,5
Інша велика рогата худоба в суспільному секторі (переважно молодняк до 1 року)*	228	725	Не оцінювались
Інша велика рогата худоба у приватному секторі (переважно молодняк до 1 року, бугайці від 1 року)*	254-356	725	Не оцінювались

*Корови молочного стада та інша велика рогата худоба становлять значну частку від загального поголів'я. Тому, для цих груп худоби кількість спожитих кормів оцінювалася не на основі норм, а як різниця між загальною кількістю згодованих кормів за даними статистики та витратами кормів для решти статевих і вікових груп.

**Маса зазначена для великої рогатої худоби на відгодівлі та нагулі віком 12 міс. (реалізація на м'ясо у 18 міс.). До цієї групи долучені також тварини на заключній стадії дорощування [6, 8].

Витрати кормів за їх видами (грубі, соковиті, концентровані та зелені), в кормових одиницях, для певної статевої і вікової групи великої рогатої худоби по сільгосппідприємствах оцінювалися, виходячи із структури витрат кормів за даними статистики. Для великої рогатої худоби у домогосподарствах статистичні спостереження ведуться лише для показників спожитих кормів всіх

видів у кормових одиницях та у т.ч. концентрованих кормів. Об'єми витрат інших видів кормів для кожної статевої і вікової групи великої рогатої худоби приймались за нормативами [2].

З метою конверсії розрахованих для певної групи великої рогатої худоби значень витрат кормів з кормових одиниць у кілограмах використані коефіцієнти енергетичної цінності кормів [3, 4, 9].

Коефіцієнт перетворення метану (частка валової енергії, яка витрачається на утворення метану) приймався згідно з даними G. Martinez et al. [22] і відповідає позначці 0,06 відносних одиниць.

Результати дослідження та їх обговорення. У табл. 2 подано національні коефіцієнти викидів та результуючі викиди метану від кишкової ферментації великої рогатої худоби, розраховані за пропонованим підходом.

2. Питомі та абсолютні значення викидів метану від кишкової ферментації великої рогатої худоби, кг/голову за рік

Статева, вікова чи виробнича група	Коефіцієнти викидів, кг/голову за рік			Викиди, тис. т		
	1990	2009	2010	1990	2009	2010
Сільськогосподарські підприємства						
Корови молочного стада	104,2	115,9	114,6	652,6	66,3	64,0
Корови м'ясних порід	73,4	74,3	74,3	1,0	3,1	2,9
Корови на відгодівлі та нагулі	82,4	81,3	81,3	30,3	2,5	2,3
Велика рогата худоба на відгодівлі та нагулі (за виключенням корів)	40,1	39,9	40,0	156,1	11,3	10,6
Бугаї-плідники	65,4	65,0	64,8	0,6	0,1	0,1
Телиці від 1 до 2 років	49,5	49,4	49,5	26,7	4,3	4,3
Телиці від 2 років і старше	61,0	61,7	61,7	88,3	8,0	7,3
Інша велика рогата худоба	33,8	43,9	44,7	298,5	23,2	21,4
Господарства населення						
Корови молочного стада	91,8	112,3	113,1	200,2	245,0	236,1
Бугаї-плідники	72,5	72,1	72,1	0,2	1,1	1,0
Телиці від 1 до 2 років	52,7	51,9	51,8	10,8	12,1	11,3
Телиці від 2 років і старше	67,0	65,0	64,8	4,9	4,5	4,3
Інша велика рогата худоба	67,5	35,9	35,4	72,6	28,0	24,7

Результати порівняння середньозважених коефіцієнтів викидів від дорослої молочної великої рогатої худоби (корови молочного стада та телиці від 2 років і старше) у суспільному та приватному секторах, розрахованих на основі національного підходу за 2010 р. (105,4 та 111,6 кг/голову на рік відповідно) з середніми коефіцієнтами за даними досліджень з використанням SF_6-методики в Івано-Франківській, Львівській та Харківській областях (відповідно 99,25 та 95,2 кг/голову на рік) [14] свідчать про узгодженість зазначених даних (розбіжність у межах 6 % для сільгосппідприємств та 17 % − для господарств населення). Для корів м'ясних порід вірогідних відмінностей між національним коефіцієнтом за 2010 р. рівним 74,3 кг/голову на рік та середньорічним коефіцієнтом, який базується на результатах досліджень із використанням газу-мітки сірки гексафториду (77,35 кг/голову на рік) не виявлено.

Аналіз табл. 2 дає змогу зауважити, що найбільші викиди метану відбуваються внаслідок кишкової ферментації дорослої молочної великої рогатої худоби (близько 80 % загальних викидів від великої рогатої худоби станом на 2010 р.). Внаслідок реорганізації аграрного сектору, поголів'я великої рогатої худоби в країні і, відповідно, викиди метану від киш-

кової ферментації худоби значно скоротились і становлять у середньому близько 6,5 млн т в CO_2-екв. на рік.

Висновки

1. Викиди метану від кишкової ферментації великої рогатої худоби в Україні за 2010 р. становили 8,2 млн т CO_2-екв., при цьому, домінуючим джерелом викидів є доросла молочна велика рогата худоба.

2. Результати контролю якості коефіцієнтів викидів від корів, розрахованих на підставі національного підходу завдяки їх порівнянню з коефіцієнтами згідно з даними SF_6-трейсових досліджень дають змогу зробити висновок про високу зіставність зазначених параметрів.

3. Запропонований підхід до оцінки викидів метану від кишкової ферментації великої рогатої худоби є більш точним, ніж існуючі розрахункові методи, оскільки він враховує специфіку структури породного складу та раціонів, зональні особливості вирощування кормових культур, практики утримання та годівлі худоби, а також рівня її продуктивності в умовах України, а кількість валової енергії в кормах розраховується навпрямець завдяки математичному моделюванню процесу надходження енергії до організму тварин.

4. Ця методика може бути застосована для розрахунку викидів ПГ у масштабах країни або області, зокрема, при підготовці Національних та регіональних звітів про кадастр викидів ПГ та їх поглинання, Національних повідомлень з питань зміни клімату, прогнозування викидів, а також для оцінки викидів метану на рівні окремих господарств (проекти спільного впровадження та за схемою зелених інвестицій, розподіл дозволів на викиди у межах розбудови системи торгівлі викидами тощо).

Список літератури

1. Баканов В.Н. Летнее кормление молочных коров / В.Н. Баканов, Б.Р. Овсищер. – М.: Колос, 1982. – 175 с.

2. Групповые нормы расхода, структуры и страховых запасов кормов в животноводстве УССР. – К.: Госагропром УССР, 1986.– 36 с.

3. Деталізована поживність кормів зони Лісостепу України: довідник/ [Карпусь М.М., Славов В.П., Лапа М.А. та ін.]; ред. О.О. Созінов. – К.: Аграрна наука, 1995. – 348 с.

4. Деталізована поживність кормів та раціони годівлі корів у зоні радіоактивного забруднення Полісся України / [Карпусь М.М., Славов В.П., Прістер Б.С. та ін.]. – Житомир: Тетерів, 1994. – 283 с.

5. Деталізовані норми годівлі сільськогосподарських тварин / [Ноздрін М.Т., Карпусь М.М., Проваторов Г.В. та ін.]. – К.: Урожай, 1991 – 344 с.

6. Довідник по годівлі сільськогосподарських тварин / [Богданов Г.О., Каравашенко В.Ф., Звєрєв О.І. та ін.]; за ред. Г.О. Богданова – [2-е вид., перероб. і доп.]. – К.: Урожай, 1986. – 488 с.

7. Дурст Л. Кормление сельскохозяйственных животных / Л. Дурст, М. Виттман; под ред. И.И. Ибатуллина, Г.В. Проваторова; пер. с нем. – Винница: Нова книга, 2003. – 384 с.

8. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных/ [Калашников А.П., Клеймёнов Н.Н., Баканов В. Н. та ін.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 375 с.

9. Деталізована поживність кормів зони степу України: довідник / [Карпусь М.М., Лапа М.А., Мартинюк Г.М. та ін.]; ред. О. Созінов. – К. , 1993. – 192 с.

10. Кудрявцев А.А. Методы исследования газового и энергетического обмена у сельскохозяйственных животных / Кудрявцев А.А. – М.: Сельхозгиз, 1951.– 104 с.

11. Методика проведення розрахунків основних показників обсягів виробництва продукції тваринництва в господарствах усіх категорій/Державний комітет статистики України / Відп. за випуск О.М. Прокопенко. – К.: Держкомстат, 2008. – 66 с.

12. Методичні рекомендації щодо проведення розрахунків витрат кормів худобі та птиці у господарствах усіх категорій:Державний комітет статистики України / Відп. за випуск О.М. Прокопенко. – К.: Держкомстат, 2008. – 13 с.

13. Панченко Г.Г. Методика расчета выбросов метана от кишечной ферментации крупного рогатого скота на основании химического состава кормов и структуры рационов/ Г.Г. Панченко, Ю.В. Пироженко, В.К. Кононенко // Аграрна наука і освіта. – 2006.– Т.7, № 5–6. – С. 41–46.

14. Рекомендації з оцінки метаногенезу і емісії метану великою рогатою худобою: метод. рекоменд. / [уклад.: д.вет.н., проф., академік НААН Влізло В.В.; д.с.-г.н., проф. Костенко В.І.; к.б.н. Ільїнський О.В. та ін.]. – К.: Кабінет міністрів України, 2011. – 34 с.

15. Тваринництво України / За ред. Ю.М. Остапчука – К.: Державний комітет статистики України, 2010. – 200 с.

16. Томмэ М.Ф. Обмен веществ и энергии у сельскохозяйственных животных / Томмэ М.Ф. – М.: Сельхозгиз, 1949.– 320 с.

17. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.– 2007.– 104 p.

18. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual − J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B Lim et al. – IPCC/OECD/IEA, Paris, France. – 1996.– Vol. 3, chap/ 4. – 140 p.

19. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme / H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe (eds).– Published: IGES, Japan, IPCC 2006.– Vol. 4. − 678 p.

20. Johnson D.E. Persistence of methane suppression by propionate enhancers in cattle diets, in Energy metabolism of farm animals / Johnson D.E. et al. // Proceedings of the 13-th Symposium. EAPP Publication No. 76, Aquilera, J.J., ed., – 1994. – P. 339.

21. Reducing Methane Emissions from Ruminant Livestock: Ukraine PreFeasibility Study / A. Martinez, D.E. Johnson, G.A. Bogdanov, J. Rust. Final Report to US EPA. − Winrock International, Morrilton, Arkansas, 1995.– 70 p.

Изложены результаты национальной инвентаризации выбросов метана вследствие кишечной ферментации крупного рогатого скота на основании методики, которая базируется на данных учета количе-

ства, структуры потребленных кормов и их энергетической ценности. Предложены коэффициенты для оценки среднегодовых объемов выбросов метана вследствие кишечной ферментации животных.

Метаногенез, емисия метана, крупный рогатый скот, методики, коэффициенты, инвентаризация.

Results of the national inventory of methane emissions from gastric fermentation in cattle have been presented, on the basis of approach which is related to data on the amount, structure and energy values of feeds. Coefficients for estimation of annual volumes of methane emission from animal gastric fermentation have been presented.

Methane genesis, methane emission, cattle, methods, coefficients, inventory.