

БОЙКО О. НЕБИЛИЦЯ М. ГАВРИШ О. ГОНЧАР О. ОСОКІНА Т.



**ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ
ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН НА ДОВКІЛЛЯ
ВІД НЕВЕЛИКИХ ОБ'ЄКТІВ ТВАРИННИЦТВА**

(Методичні рекомендації)



Черкаси – 2024



**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ БІОРЕСУРСІВ**

**Олександр БОЙКО, Микола НЕБИЛИЦЯ, Олександр ГАВРИШ,
Олексій ГОНЧАР, Тетяна ОСОКІНА**

**ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ
ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН НА ДОВКІЛЛЯ
ВІД НЕВЕЛИКИХ ОБ'ЄКТІВ ТВАРИННИЦТВА
(методичні рекомендації)**

Черкаси 2024

Зменшення негативного впливу забруднюючих речовин на довкілля від невеликих об'єктів тваринництва. (Методичні рекомендації). Черкаси: Черкаська ДСБ НААН.– 2024.– 40 с.

В методичних рекомендаціях наведені заходи щодо зменшення негативного впливу забруднюючих речовин на довкілля від невеликих об'єктів тваринництва Черкаської області.

В основу рекомендацій покладено довідкові матеріали із скорочення викидів забруднюючих речовин від сільськогосподарських об'єктів та власні напрацювання. Підготовлено рекомендації по зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище викидів забруднюючих речовин від невеликих об'єктів тваринництва області.

Методичні рекомендації розроблено Черкаською дослідною станцією біоресурсів НААН в межах виконання науково-технічної програми «Екологічно безпечні технології у тваринництві» за завданням 29.02.01.08 «Визначення показників емісії забруднюючих речовин в атмосферне повітря від невеликих об'єктів тваринництва Черкаської області» (2021–2023 рр.) (№ДР 0121U108732; керівник НДР – к. с.- г. н., М.С. Небилиця).

Розраховані на науковців, викладачів, аспірантів студентів екологічного, зоотехнічного і ветеринарного профілю, екологів, ветеринарних фахівців, а також працівників сільськогосподарських підприємств та фермерів.

Авторський колектив: Олександр БОЙКО, Микола НЕБИЛИЦЯ,
Олександр ГАВРИШ, Олексій ГОНЧАР, Тетяна ОСОКІНА

Рецензенти:

Віталій ЛАВРОВ – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри загальної екології Білоцерківського національного аграрного університету.

Сергій ДЕРІЙ – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та агробіології навчально-наукового інституту природничих наук Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Рекомендації розглянуті та схвалені Вченою радою Черкаської дослідної станції біоресурсів НААН (протокол № 7 від 30 жовтня 2023 року).

© О.В.Бойко, М.С.Небилиця, О.М. Гавриш, О.Ф. Гончар, Т.Г. Осокіна

© Черкаська дослідна станція біоресурсів НААН

Зміст

Використані визначення та скорочення	4
Вступ	6
1. Загальна характеристика забруднюючих речовин, які виділяються від об'єктів тваринництва	7
2. Методи визначення викидів	12
2.1 Розрахунковий метод	12
2.2 Інструментальні методи	13
2.3 Мікро метеорологічні методи	21
3. Деякі способи зниження негативного впливу забруднюючих речовин на довкілля від невеликих об'єктів тваринництва	25
4. Поширені способи скорочення викидів забруднюючих речовин від об'єктів тваринництва	32
5. Огляд спільної сільськогосподарської політики в Євросоюзі	36
Перелік використаної літератури	37

Використані визначення та скорочення

Охорона атмосферного повітря - система заходів, пов'язаних із збереженням, поліпшенням та відновленням стану атмосферного повітря, запобіганням та зниженням рівня його забруднення та впливу на нього хімічних сполук, фізичних та біологічних факторів;

забруднення атмосферного повітря - змінення складу і властивостей атмосферного повітря в результаті надходження або утворення в ньому фізичних, біологічних факторів і (або) хімічних сполук, що можуть несприятливо впливати на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища;

забруднююча речовина (ЗР) - речовина хімічного або біологічного походження, що присутня або надходить в атмосферне повітря і може прямо або опосередковано справляти негативний вплив на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища;

викид - надходження в атмосферне повітря забруднюючих речовин або суміші таких речовин;

джерело викиду - об'єкт (підприємство, цех, агрегат, установка, транспортний засіб тощо), з якого надходить в атмосферне повітря забруднююча речовина або суміш таких речовин;

стаціонарне джерело забруднення атмосфери - підприємство, цех, агрегат, установка або інший нерухомий об'єкт, що зберігає свої просторові координати протягом певного часу і здійснює викиди забруднюючих речовин в атмосферу;

організоване стаціонарне джерело викиду - джерело викиду, з якого забруднюючі речовини надходять в атмосферне повітря через спеціально споруджені газоходи, димові труби, аераційні ліхтарі або інші споруди для відведення пило газоповітряної суміші;

організований викид - викид, який надходить в атмосферу через спеціально споруджені газоходи, труби та інші споруди ;

неорганізоване стаціонарне джерело викиду - джерело викиду, з якого забруднюючі речовини надходять в атмосферне повітря у вигляді ненаправлених потоків та яке не оснащене спеціальними спорудами для відведення пило газоповітряної суміші [1];

неорганізований викид - викид, який надходить в атмосферне повітря у вигляді ненаправлених потоків газопилової суміші від джерел

забруднення не оснащених спеціальними спорудами для відведення газів газоходами, трубами та іншими спорудами;

газохід - складова технологічної або вентиляційної системи для транспортування газового потоку, виготовлена з різного матеріалу і різної форми поперечного перерізу (труба, повітропровід, димовий або вентиляційний канал, димова труба, вентиляційна шахта);

дифузні джерела - малі або розсіяні джерела викидів, у тому числі пересувні джерела, з яких може здійснюватися викид забруднювачів в атмосферне повітря, воду або землю, які сукупно мають суттєвий вплив на довкілля та для яких недоцільно складати та подавати звітність щодо джерела;

показник емісії (питомий викид) - величина, яка встановлює залежність між кількістю забруднюючої речовини (або їх суміші), що викидається в атмосферне повітря та діяльністю, пов'язаною з цим викидом;

масова витрата забруднюючої речовини (потужність викиду) - кількість речовини, що викидається в атмосферне повітря за одиницю часу, г/с, кг/год., т/рік;

масова концентрація забруднюючої речовини - відношення маси забруднюючої речовини до об'єму аспірованого при відборі проби газу, мг/м³;

концентрація забруднюючої речовини - кількість забруднюючої речовини, що міститься в одиниці об'єму газу, що надходить в атмосферне повітря, мг/м³;

об'ємна витрата газопилового потоку - відношення об'єму газопилового потоку до одиниці часу, м³/с.

ЗР	- забруднюючі речовини
ПГ	- парниковий газ
CO ₂	- вуглекислий газ
NH ₃	- аміак або амоніак
CH ₄	- метан
N ₂ O	- закис азоту
ГДК	- гранично допустима концентрація
ц ж. м.	- центнер живої маси
г/с	- грам у секунду
млн. кл/с	- мільйон клітин у секунду
Cv	- коефіцієнт варіації
n	- кількість варіантів

Вступ

Атмосферне повітря - життєво важливий компонент навколишнього природного середовища, який являє собою природну суміш газів, що знаходиться за межами житлових, виробничих та інших приміщень [1].

Виробнича діяльність у сільському господарстві має суттєвий вплив на навколишнє природне середовище. Викиди аміаку (NH_3) певним чином відповідають за закислення водних ресурсів та ґрунтового покриву, а також сприяють непрямим викидам азоту оксиду (N_2O) [21]. Інші парникові гази - метан (CH_4) та двоокис вуглецю (CO_2) є також відповідальними за зміни клімату.

Забруднення атмосферного повітря, це результат утворення та викидів забруднюючих речовин з різних джерел. Причинно-наслідкові зв'язки цього явища знаходяться в природі земної атмосфери. Так, забруднення переносяться по повітрю від джерел утворення до місць їхнього негативного впливу. В атмосфері вони можуть змінюватись, включаючи хімічні перетворення одних забруднень в інші, ще більш небезпечні речовини.

Дослідження забруднення атмосфери включає в себе вивчення дій та явищ, що ведуть до погіршення її природної якості. У більш вузькому понятті, що відповідає концепції, погодженої в рамках країн, що входять у систему Комекон і ряду інших, забруднення атмосфери розуміється як викид твердих, рідких і газоподібних забруднюючих речовин. [38].

Оцінка результатів забруднення атмосфери включає негативний вплив на окремі об'єкти живої природи, тобто людей, тварин, рослини; на неживі складові природи, включаючи воду, ґрунт і ландшафт загалом, і на будівлі й матеріали.

Надання дослідженням щодо захисту атмосферного повітря цілеспрямованого характеру повинне включати розроблення заходів проти його забруднення.

1. Загальна характеристика забруднюючих речовин які виділяються від об'єктів тваринництва

У процесі життя будь-який організм споживаючи білки, розщеплює їх на амінокислоти, синтезує власні амінокислоти, далі синтезує власні білки, властиві лише цьому організму. Тому перелік забруднюючих речовин (ЗР), що утворюються в процесі засвоєння білкових кормів тваринами, визначається амінокислотним складом корму (білка який споживається) і продуктами його метаболізму.

Оскільки утворення і виділення ЗР в атмосферу безпосередньо від тварин відбувається за температури ($37\pm 1^\circ\text{C}$) за умов природного випаровування, то ЗР будуть включати в себе лише низькомолекулярні леткі сполуки, наприклад, при ферментативному розщепленні гліцину можливе утворення вуглекислого газу і метиламіну; цистину - диметиламіну, вуглекислого газу і сірководню; фенілаланіну - аміаку, вуглекислого газу, метану і толуолу. І так далі, за 10-и основними незамінними амінокислотами [9].

Також, у вмісті товстого кишківника виявляються незначні кількості ферментів і багата флора бактерій, що викликають зброджування вуглеводів і розпад білків, в результаті чого утворюються органічні кислоти, газоподібні ЗР (вуглекислий газ, метан і сірководень), токсичні ЗР (фенол, скатол, індол, крезол). Завдяки мікробному бродінню частково розщеплюється клітковина.

Джерелами утворення ЗР на підприємствах з утримання сільськогосподарських тварин являються:

- місця утримання тварин (організоване джерело викидів з урахуванням очищення газу і гравітації осідання аерозолі);
- викиди ЗР безпосередньо від тварин, плюс викиди від гною, з урахуванням періодичності його видалення до гноєсховища;
- місця накопичення гною в безпосередній близькості від ферми, з урахуванням періодичного транспортування гною в накопичувач (неорганізоване джерело викидів);
- транспортування, переробка та зберігання гною (неорганізовані джерела викидів).

Сільське господарство суттєво впливає на навколишнє середовище через викиди ЗР.

Крім газоподібних ЗР у повітря великими обсягами потрапляють мікроорганізми та пил безпосередньо від тваринницьких приміщень (зі шкіри, органів дихання, травлення і сечовиділення тварин) та допоміжних приміщень з переробки і зберігання кормів. До факторів, що впливають на викиди пилу, належать вентиляція, добова активність тварин, тип і кількість підстилки, вид і консистенція кормів, відносна вологість повітря приміщень для утримання тварин. Тип корму і технологія годівлі можуть впливати на концентрацію викидів ЗР.

Мікроорганізми виділяються в атмосферу, як безпосередньо від тварин, так і з продуктів їх життєдіяльності.

Тверді частинки речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікро-частинки та волокна), англійською Particulate Matter (**PM**) - **зважений пил**, який складається з найдрібніших твердих і рідких частинок, які розділені на групи в залежності від фракцій. Частинки діаметром до 10 мкм (PM_{10}) називаються твердими частинками. Ці частинки розміром від 3 до 10 мкм осідають на слизових оболонках носа і гортані. Частки розміром близько 2,5 мкм ($PM_{2.5}$) потрапляють до легень підчас вдихання повітря. Частки розміром менше 1 мкм (PM_1) потрапляють до альвеол і далі в кровоносну систему.

Аміак, амоніак, NH_3 , код 303 - неорганічна сполука, безбарвний газ із різким задушливим запахом, легший за повітря, добре розчинний у воді, який відповідає за евтрофікацію, закислення води і ґрунту, сприяє непрямим викидам азоту оксиду (N_2O), який частково є відповідальним за кліматичні зміни. Він утворюється під час розкладання органічних речовин, особливо при розведенні та утриманні великої рогатої худоби. У сільському господарстві він міститься в азотних добривах, тому легко потрапляє до ґрунту.

Аміак відіграє ключову роль у утворенні вторинних твердих частинок (PM), вступаючи в реакцію з кислими видами, такими як діоксид сірки (SO_2) та оксиди азоту (NO_x), утворюючи дрібні аерозолі, і, таким чином, називається попередником твердих частинок. PM,

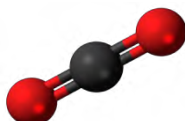
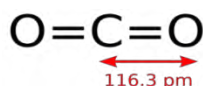
створений реакцією NH_3 та кислих видів в атмосфері, сприяє низькій якості повітря [35].

При низькій концентрації аміаку подразнюються верхні дихальні шляхи, спостерігаються негативні наслідки, такі як кашель, подразнення очей, носа і горла. За більш високої концентрації може виникати запалення шкіри, очей, горла та легень. Тривалий контакт з аміаком призводить до хронічних проблем з дихальними шляхами, глаукоми або захворювання рогівки очей.

Діоксид вуглецю, карбон (IV) оксид, вуглекислий газ, CO_2 - стійка хімічна сполука, поширена в природних газах, що містять його в кількості від декількох відсотків до практично чистого вуглекислого газу. Безбарвний, не має смаку і запаху [37].

Він є кінцевим продуктом окислення вуглецю, не горить, не підтримує горіння і дихання. Щільність за нормальних умов становить $1,98 \text{ кг/м}^3$ (в 1,5 рази важчий за повітря). Токсична дія вуглекислого газу виявляється за його об'ємної концентрації в повітрі в кількості 3-4% і полягає в подразненні дихальних шляхів, запамороченні, головному болі, шумі у вухах, психічному збудженні, непритомному стані. Це неотруйний газ, без кольору і запаху, що є природною складовою атмосфери. Вуглекислий газ має парникові властивості, тобто сприяє утриманню тепла на поверхні Землі і робить основний внесок у глобальне потепління. За 20°C в 1 об'ємі води розчиняється 0,88 об'ємів CO_2 . Водний розчин його має кислуватий смак. На відміну від монооксиду, діоксид вуглецю є солетворним оксидом - ангідридом карбонатної кислоти H_2CO_3 .

Незначна концентрація CO_2 є нешкідливою для людини і тварин, але за концентрації його в повітрі понад 3% за об'ємом він стає шкідливим, а за 10% і більше – смертельним [39].



Сірководень (H_2S) код 333 - це хімічна сполука з формулою H_2S , яка є газом безбарвного кольору з гострим запахом, що може бути відчутним навіть у дуже низьких концентраціях. Дуже отруйний, горючий газ з характерним неприємним запахом тухлих яєць. Сірководень – це одна з найбільш поширених забруднюючих речовин, що потрапляє до атмосферного повітря з викидами [36].

Диметилсульфід - органічна сполука сірки з формулою $(CH_3)_2S$, один з найпростіших тіоетерів /органічні сульфіді/. Диметилсульфід є водонерозчинною горючою рідиною, що кипить за температури $37\text{ }^\circ\text{C}$ і має сильний характерний неприємний запах. Диметилсульфід утворюється в результаті гниття залишків рослин капусти, буряку, а також морепродуктів. Ця речовина також є індикатором бактеріального забруднення солоду, що використовується в пивоварінні. Диметилсульфід зазвичай є продуктом розпаду диметилсульфоніопріонату (DMSP) на одному з кроків метаболічного розпаду метантіолу бактеріями і деякими дріжджами.



Меркаптани, тіоспирті, згідно із номенклатурою IUPAC *тіоли* (англ. *mercaptans*; нім. *Meraptane n pl, Schwefelalkohole m pl, Thioalkohole m pl*) - органічні похідні сірководню, що містять меркапто (сульфгідрильну) групу – SH, з загальною формулою RSH (де R - вуглеводневий замісник). Ряд меркаптанів включає аліфатичні, ароматичні чи гетероциклічні сполуки. Нижчі меркаптани - легколеткі рідини (метилмеркаптан - газ) з сильним, неприємним запахом. Метил- і етилмеркаптани містяться в природних газах, високомолекулярні меркаптани - в бензиновій і гасовій фракціях нафти та її конденсатів. Полярність зв'язку S-H значно нижча, ніж полярність зв'язку O-H, внаслідок цього водневі зв'язки між молекулами меркаптанів значно слабші, ніж у спиртів; в результаті температури кипіння аліфатичних меркаптанів значно нижчі, ніж у відповідних спиртів.

Меркаптани (метантіол/метилмеркаптан/, 1715), 1-етантіол (етилмеркаптан, 1728) являються вторинними ЗР і утворюються за розпаду сірковмісної органіки без доступу кисню (продукти життєдіяльності

тварин, підстилка) і безпосередньо від тварин вони не виділяються. Ці речовини виділяються в основному при розпушуванні гною який тривалий час (до десяти днів), пролежав з обмеженим доступом кисню.

Метантиол виділяється в атмосферу лише в теплий період року, не більше 5-10 годин протягом усього періоду, в момент порушення коркового покриття, яке стримує доступ кисню до органіки. Утворенню метантиолу також сприяє герметизація відстійників (гноєсховищ).

Альдегіди - аліфатичні та ароматичні органічні хімічні сполуки, що містять альдегідну групу - СОН. Альдегіди та кетони характеризуються тим, що містять однакову функціональну групу, яку називають карбонільною або окси групою.

Аліфатичні альдегіди - це зазвичай рідини, наприклад, метаналь (формальдегід), етаналь (ацетальдегід). Ароматичні представники цього класу можуть бути, як рідкими (бензальдегід), так і твердими (ванілін).

Закис азоту N_2O - безбарвний газ зі слабо вираженим запахом, солодкуватим смаком і анестезуючими властивостями. Він досить активно розчиняється у воді, але хімічно з нею не взаємодіє і, за нормальних умов, поводить себе аналогічно до інертного газу. Молекула N_2O - лінійна. Вона має наступну структуру: $N \equiv N = O$. Безпосередньо хімічним шляхом закис азоту в земній атмосфері не утворюється. Це продукт дегазації земної поверхні, в якій він утворюється в результаті складних процесів у водоймах і ґрунтах за допомогою відповідних бактерій. Закис азоту в атмосферу потрапляє також в результаті антропогенної діяльності (агропромисловий сектор, енергоємна індустрія тощо). В атмосфері закис азоту протягом досить довгого періоду, після ряду складних фізико-хімічних та фотохімічних реакцій, перетворюється, головним чином, на оксид азоту NO та молекулярний азот N_2 [17].

2. Методи визначення викидів

Для визначення викидів забруднюючих речовин від об'єктів тваринництва використовують інструментальний та розрахунковий методи.

2.1 Розрахунковий метод

Для визначення викидів ЗР розрахунковим методом необхідне врахування наступних умов:

- кількісний склад протеїнів, що згодуються тваринам, у перерахунку на 1 голову/добу відповідної групи, вписується в усереднений інтервал (для перетравленого протеїну $\pm 10\%$; для кожної з 10 незамінних амінокислот $\pm 25\%$);

- споживання тваринами антибіотиків, сульфаніламідів, консервантів та інших хімічних препаратів, в перерахунку на 1 центнер живої маси на добу, вписується в середній інтервал $\pm 20\%$ і становить при відгодівлі свиней - (30 ± 6) г /добу*1 ц ж. м.).

Для проведення розрахунків необхідна підготовка наступних даних:

- якісний і кількісний склад кормів (за перетравним протеїном та амінокислотами), що згодуються тваринам кожного виду і кожної вагової групи в господарстві;

- консерванти, антибіотики і сульфаніламіді, синтетичні миючі засоби (СМЗ) та інші хімічні препарати, що застосовуються для санітарної обробки приміщень і гною на фермі;

- склад поголів'я, що утримується на фермі впродовж кожного періоду року (теплий, перехідний, холодний);

- умови утримання тварин (наявність обігріву приміщень), спосіб утворення гною: підстилковий, безпідстилковий);

- щоденний вихід гною від тварин, враховуючи підстилку;

- періодичність видалення гною з приміщення для утримання тварин;

- температурний режим кожної добової частини гною, яка знаходиться в приміщенні для утримання тварин та гноєсховищі. Враховується гній, отриманий від тварин за останні 3 місяці, так як

кожна частина добового гною за весь період вносить свій вклад в потужність викидів ЗР;

- технологія переробки та зберігання гною (для відстійника - площа його поверхні і температурний режим впродовж року).

Умовні значення питомих показників викидів меркаптанів безпосередньо від тварин приймаються за метилмеркаптаном для розрахунку викидів від продуктів життєдіяльності тварин і підстилки [5, 11].

2.2 Інструментальні методи

Корпусні (камерні) методики. Викиди метану та інших ЗР з поверхонь можна визначити безпосередньо за допомогою невеликих камер, розташованих на вершині джерела (наприклад, поверхні ґрунту та поверхні для зберігання гною). Для статичних камер дифузійні викиди метану кількісно визначаються безпосередньо зі зміни концентрації метану протягом короткого часового ряду, помноженого на співвідношення об'єм/площа камери [29].

Динамічні камери (газовий потік, що протікає через камеру з відомою швидкістю) вимірюють викиди на основі різниці між концентрацією ЗР на вході та виході та швидкістю потоку газу [31].

Камерний підхід використовувався для кількісного визначення викидів зі сміттєвих звалищ, над трубопроводами, водними поверхнями (з використанням плавучих камер) у лагунах для обробки гною, окремих тварин або невеликих груп тварин, а також багатьох інших застосувань.

Камери для поверхневих вимірювань зазвичай займають 1 м^2 або менше і є корисними для кількісного визначення мінливості викидів; однак вони є трудомісткою технікою, яку можна частково пом'якшити за допомогою автоматизованих камерних систем і спеціалізованих камер з об'ємом менше 1 м^3 .

Важливо, що статичні камери можуть також безпосередньо кількісно визначити поглинання атмосферного метану ґрунтовими метанотрофами з високою окислювальною здатністю (наприклад, негативний потік для ґрунтів, звалищ) [32].

Методи вимірювання вмісту кишкового метану від худоби.

Одним із підходів до вимірювання точкових джерел є використання «каліброваних мішків», коли мішок для зразків, коли він повністю надутий, містить відомий об'єм газу, зібраного за відомий період часу. Крім того, для жуйних тварин кишкові викиди метану для окремих корів можна виміряти за допомогою методу внутрішнього індикатора [30].

Термін «кишковий метан» або ентеральний метан стосується метану, який утворюється в результаті мікробної ферментації в шлунково-кишковому тракті жуйних або нежуйних тварин. Жуйні тварини є найбільшим джерелом викидів метану в сільському господарстві. Однак нежуйні сільськогосподарські тварини також виділяють метан через ферментативну діяльність у своїй задній кишці.

Кишковий метан може виділятися жуйними через відрижку, видих або метеоризм. Більш ранні й новіші дані однозначно показали мінімальний внесок метану (2-3 відсотки), що виділяється через метеоризм, порівняно з метаном, що виділяється під час видиху (видих) або відрижки (відрижка). Значна частина метану, що утворюється в рубці, найбільшому органі травного тракту жуйних тварин, всмоктується в кров (12 відсотків у дослідженні. Більша частина цього метану, однак, видихається через легені [18].

Методи вимірювання вмісту кишкового метану у худоби включають вольєрні камери, методи індикаторів, методи «нюхання» та портативні лазерні детектори метану. «Золотим стандартом» для вимірювання кишкових викидів метану від сільськогосподарських тварин (жуйних і нежуйних) є дихальна камера.

Основні принципи динамічних дихальних камер полягають у вимірюванні потоків повітря, що надходить і випускається, концентрації забруднюючого газу в цьому повітрі, а також початкової та кінцевої концентрацій газу в камері. Зазвичай тварин розміщують у камерах на кілька днів (рекомендовано не менше 3 днів), протягом яких їх годують і доять (за лактації), видаляють з камери гній. Перед проведенням вимірювань тварини повинні акліматизуватися до середовища камери.

Основна перевага дихальних камер полягає в тому, що:

- вони є точними за умови належного калібрування та експлуатації,
- уловлюються всі викиди метану, в тому числі з заднього проходу,
- вимірювання відбуваються безперервно протягом кількох днів, враховуючи добові коливання викидів метану.

Недоліки дихальних камер полягають у тому, що:

- тварин поміщають у «неприродне» середовище, що у багатьох випадках призводить до стресу та зниження споживання корму та/або виробництва молока;
- камери не можна використовувати для вимірювання викидів від значної кількості великих тварин одночасно (що важливо для генетичного відбору тварин з низьким викидами метану);
- вони дорогі та вимагають тривалого навчання персоналу та навичок експлуатації.

Хоча камерні системи можна використовувати для вимірювання викидів від жуйних і нежуйних тварин, існує цілий ряд інших методів, доступних для вимірювання кишкових викидів метану від жуйних тварин.

Поширеним методом є метод індикатора гексафториду сірки (SF_6). Методика заснована на використанні індикаторного газу, елегазу який безперервно виділяється з відомою швидкістю з проникної трубки, розміщеної в ретикулумі (одному з відділів складного шлунка жуйних) і змішується з газами рубця. Відрижка та видихнутий газ безперервно відбираються навколо ніздрів тварини в евакуйований контейнер, і газ аналізується на SF_6 і метан.

Співвідношення двох газів і швидкість виділення SF_6 використовуються для розрахунку швидкості викидів метану. Ця техніка є менш дорогою порівняно з інвестиціями в будівництво та експлуатацію дихальних камер, і її широко використовують дослідницькі групи по всьому світу.

На відміну від камер, метод SF_6 можна використовувати для вимірювання викидів метану від великої кількості тварин в їхньому природному середовищі. Техніка не враховує метан, який утворюється в задньому кишківнику та виділяється через пряму кишку.

Іншим прямим технічним засобом, з обмеженим застосуванням, є камера з вентиляльованим капюшоном або боксом, вона є полікарбонатною камерою, що охоплює голову тварини та дозволяє безперервно збирати та аналізувати гази, що відригуються та видихаються. Нашийний рукав дозволяє тварині лежати і їсти під час вимірювання. Камера знаходиться під постійним вакуумом, а вхідне та вихідне повітря аналізується на концентрацію метану.

Недоліки цієї методики полягають у тому, що:

- витяжні камери вимагають значних інвестицій,
- тварини повинні бути ретельно навчені, щоб мінімізувати стрес під час експерименту,
- споживання корму тваринами, ймовірно, зменшиться під час годування в камері,
- метод не підходить для вимірювання викидів метану від великої групи тварин.

Непрямі підходи були запропоновані та використані для вимірювання кишкових викидів метану від худоби. Один із підходів використовує розрахункові викиди вуглекислого газу та виміряне співвідношення вуглекислого газу/метану у видихуваному повітрі для оцінки викидів метану.

Цей метод заснований на тому факті, що більша частина вуглекислого газу виробляється шляхом проміжного метаболізму тварини і може бути передбачена. Якщо відомі загальне виробництво вуглекислого газу та співвідношення вуглекислий газ/метан, можна розрахувати загальне виробництво метану.

При проведенні порівняння вуглекислотного методу з дихальними камерами виявлено значну недооцінку викидів вуглекислотним методом. Зміни травної та метаболічної активності при однаковому рівні споживання корму, відмінності в ефективності корму та варіації у ферментації рубця можуть впливати на кількість вуглекислого газу, що виробляється твариною, і, таким чином, впливати на прогнозовані викиди метану [28].

Інший непрямий метод, запропонований у 2012 році спирається на оцінку викидів метану під час відрижки та частоти відрижки протягом

періоду вимірювання. Зразки газу збираються з повітря в кормо-приймачі автоматизованої системи доїння під час доїння тварини. Привабливість цього підходу (також відомого як метод «сніфера») полягає в тому, що викиди можна вимірювати в умовах ферми та на великій кількості тварин. Цей метод не враховує метан, що видихається через легені. Автори повідомили про хорошу кореляцію між вимірюваннями «нюхача» та камери для тих самих тварин.

Однак навіть невеликі зміни в положенні голови можуть призвести до великих відмінностей у концентрації газу. У двох експериментах з лактуючими коровами виявили більшу варіативність за допомогою методу «сніфера» та відсутність зв'язку з викидами, виміряними за допомогою системи GF.

Технічний засіб, подібний до методу «нюхання», використовує лазерний детектор метану для вимірювання концентрації метану в повітрі між лазерним пристроєм і твариною (зазвичай на відстані 1-3 м). Метод дозволяє проводити вимірювання метану в умовах ферми та від великої кількості тварин; проте порівняльні дослідження виявили позитивний, але слабкий зв'язок між лазерним методом і камерними вимірюваннями. Такі фактори навколишнього середовища, як температура, швидкість вітру (особливо важливі для умов випасу) і відносна вологість повітря, можуть впливати на точність вимірювань).

Існують точні методики вимірювання кишкових викидів метану від худоби. Хоча деякі з цих методів можуть вимірювати викиди метану від значної кількості тварин (приблизно 20 на одиницю обладнання) у їхньому природному середовищі, вони не підходять для скринінгу тварин на рівні популяції для відбору особин з низькою емісією метану [21, 22, 23].

Через часову та просторову мінливість викидів із тваринницьких приміщень та поведження з гноєм, вимірювання та моніторинг необхідно проводити протягом більш тривалих періодів часу, які охоплюють як добові, так і сезонні коливання викидів, щоб точно відобразити річні викиди.

Вимірювання NH₃. Кислотна пастка є стандартною еталонною технічним прийомом для вимірювання NH₃. Закачується відомий об'єм

повітря через розчин кислоти та записується. Розчин кислоти пізніше аналізується в лабораторії колориметричним або фотометричним методом (Hassouna та ін., 2016) для оцінки кількості NH_3 , захопленого розчином. Використовують розчини сильних кислот, таких як борна кислота, ортофосфорна кислота, азотна кислота, сірчана кислота. Пастку можна використовувати протягом кількох годин або кількох днів залежно від концентрації NH_3 у вхідному повітрі, концентрації кислоти та об'єму розчину кислоти у флаконах.

Методи визначення швидкості вентиляції. У приміщеннях з механічною вентиляцією та сучасними системами керування вентиляцією швидкість вентиляції може бути легко доступною для розрахунку викидів. У літературі було оцінено та описано різні методи оцінки швидкості вентиляції (Ogink та ін., 2013; Wang та ін., 2016). Обраний спосіб залежить від типу вентиляції (природної чи механічної), доступності витяжки для фізичних вимірювань, рівня вентиляції та бажаного ступеня точності. Деякі методи є непрямими (індикаторний газ, тепловий баланс), тоді як інші є прямими (анемометр крильчатий, спеціалізовані прилади).

Методи індикаторного газу. Методи індикаторного газу зазвичай використовуються для кількісного визначення швидкості вентиляції в багатьох видах приміщень, але в основному з природною вентиляцією. Зовнішній індикаторний газ повинен бути безпечним, інертним, вимірним, не вироблятися в приміщенні, і недорогим (Phillips et al., 2001; Sherman, 1990). Найпоширеніший індикаторний газ, який використовується в приміщеннях для тварин є гексафторид сірки (SF_6) (Mohn et al., 2018). Критичною вимогою є майже ідеальне змішування повітря всередині у приміщенні для тварин, щоб забезпечити наявність індикаторного газу та цільового газу (для розрахунку викидів), що вимірюється, розсіюється подібним чином. Повітря можна змішати штучно за допомогою спеціального вентиляційного каналу. Згідно з Ogink et al. (2013), можна виділити три методи виділення індикаторного газу: • метод постійного впорскування: індикаторний газ впорскується з постійною швидкістю, і його концентрація вимірюється безпосередньо

протягом певного періоду часу та використовується для оцінки швидкості вентиляції;

- метод загасання: індикаторний газ вводять до стабілізації його концентрації, потім закачування припиняють і за зниженням концентрації обчислюють швидкість вентиляції; і

- концентраційний метод: індикаторний газ розподіляється в повітрі приміщення до певної постійної концентрації.

Необхідно зазначити, що лише метод постійного впорскування та метод загасання є загальними методами для вимірювань у тваринницьких приміщеннях.

Використання сенсорів. Для кількісного визначення швидкості вентиляції в приміщеннях з механічною вентиляцією, які втягують вихідне повітря через повітроводи або витяжні вентилятори, можна використовувати анемометри з крильчатими вентиляторами або гарячим дротом. Однією з важливих вимог є наявність доступу до потоку вихлопних газів у місці проведення вимірювань, що неможливо в багатьох приміщеннях для тварин. Анемометр вимірює швидкість повітря, а рівень вентиляції (VR) розраховується таким чином:

$$VR = s A \quad (1)$$

де s = середня швидкість повітря ($\text{м} \cdot \text{год}^{-1}$)

A = площа поперечного перерізу вентиляційного каналу або потоку повітря (м^2).

Необхідно використовувати відповідні методи для отримання репрезентативної середньої швидкості повітря над площею потоку, наприклад, вибравши достатню кількість точок вимірювання та застосувавши або логарифмічні лінійні, або логарифмічні правила Чебишева (ISO 3966, 2008) для розподілу точок вимірювання.

Використання анемометрів не рекомендується в приміщеннях з природною вентиляцією через швидку зміну повітряних потоків і великий розмір відкритої площі, що потребує багатьох датчиків для отримання репрезентативної оцінки швидкості вентиляції.

У приміщеннях з механічною вентиляцією безперервний моніторинг різниці статичного тиску та робочого стану (увімкнено-вимкнено) кожного вентилятора можна використовувати для оцінки

швидкості вентиляції вентилятора на основі його теоретичних або вимірних характеристик продуктивності. В ідеалі спочатку визначається продуктивність кожного вентилятора на місці, а швидкість вентиляції приміщення можна оцінити шляхом підсумовування всіх робочих швидкостей потоку вентилятора.

Додатки. Впровадження різних методів вимірювання викидів у тваринницькому приміщенні потребує розробки протоколу на основі цілей проекту, специфіки тваринницького приміщення, внутрішнього середовища та зовнішньої погоди. Три важливі моменти, які слід враховувати в протоколі, стосуються відбору проб, збору даних і перевірки достовірності вимірювань.

Відбір проб і розташування датчиків. Оцінка викидів газів вимагає вимірювання їхньої концентрації на вході та виході. Рекомендується відбирати зразки на входних і випускних отворах повітря, якщо їх можна ідентифікувати, якщо їх розташування фіксовано протягом періоду вимірювання, і якщо вони можуть бути легко доступними. Коли ці умови не можуть бути виконані, зазвичай вибирають кілька місць усередині приміщення, щоб забезпечити середню концентрацію в приміщенні для пристосування до просторової мінливості концентрації в приміщенні. Те ж саме слід зробити для визначення середньої концентрації на вулиці.

Збір даних. Протягом виробничого періоду викиди можуть сильно змінюватися протягом 24-годинного циклу та протягом більших інтервалів часу. Мінливість зумовлена тими самими параметрами, які впливають на просторову мінливість, зміни в поведінці тварин, моделі їх виділення. Наприклад, свині та домашня птиця на відгодівлі щодня виділятимуть більше загального аміачного азоту (TAN) у міру росту, створюючи ще більший потенціал викидів NH_3 . Ці два види тимчасової динаміки (доба та виробничий період) необхідно враховувати при вимірюванні викидів газу. Інформація щодо умов виробництва (кількість тварин, споживання корму та води, загибель тварин) та зовнішнього клімату також потрібна для підтвердження вимірювань та порівняння з уже опублікованими даними про викиди.

Перевірка вимірювань. Щоб досягти якісних вимірювань, необхідні етапи перевірки даних на кількох рівнях:

- Підтверджувальні вимірювання для частин або всієї вимірювальної установки слід проводити заздалегідь, особливо якщо установка, окремі компоненти та/або об'єкт вимірювання (наприклад, система корпусу) раніше не вимірювалися в цій конфігурації.

- Необхідно виконати калібрування аналітичних пристроїв і датчиків відповідно до їхніх специфікацій. Для деяких аналітичних інструментів, рекомендується проводити перевірку точності вимірювання еталонним методом (наприклад, кислотні пастки для NH_3).

- Необхідні часті перевірки режиму роботи та вимірювальних значень, а також умов утримання та керування.

- Перевірки вірогідності необроблених даних і значень викидів (наприклад, порівняння рівня концентрації газів і швидкості вітру, перевірка даних з огляду на заздалегідь визначений правдоподібний діапазон на основі наукових і технічних знань користувача) допомагають знайти викиди з нелогічними значеннями тощо. Ці неправильні значення потрібно усунути відповідно до попередньо визначених критеріїв

2.3. Мікрометеорологічні методи

Якщо викиди із зони джерела не можуть бути закриті або зафіксовані, існує кілька мікрометеорологічних методів, які можуть оцінити викиди ЗР за допомогою веж із швидкодіючими датчиками ЗР та датчиками швидкості/напрямку вітру в поєднанні з моделюванням атмосферного перенесення. Вимірювання, проведені в певному місці та висоті, представляють умови підстилаючої поверхні проти вітру від датчика.

Ця область впливу називається «відбиток» і залежить від таких факторів, як висота вимірювання, стратифікації, стандартного відхилення бокового компонента вітру та швидкості вітру. Тому, щоб точно оцінити викиди джерела, відбиток повинен охоплювати достатньо велику площу джерела, щоб зафіксувати просторову мінливість викидів. Техніка інтегрованого горизонтального потоку

залежить від рівняння балансу маси, спрощеної для двовимірного потоку [33].

Метод мікрометеорологічного балансу маси може бути використаний шляхом вимірювання всіх вхідних і вихідних газових викидів у заданому об'ємі повітря навколо джерела, при цьому рівень викидів обчислюється шляхом віднімання вихідного та вхідного потоків.

Метод вихрової коваріації розраховує потоки на основі швидких вимірювань швидкості вертикального вітру та концентрації газу [34].

Заклучення. Огляд літературних джерел свідчить про те, що існує дуже багато різних методик визначення шкідливих речовин у повітряному середовищі та викидах (більше 200) і класифікувати їх важко, бо вони можуть одночасно відповідати різним вимогам класифікації. Проте, існує чотири основних методи визначення шкідливих речовин у повітрі:

- *візуальний (попередній, приблизний),

- *лабораторний (найточніший, проте вимагає значного часу для проведення хімічного аналізу),

- *експрес-метод (менш точний, але забезпечує проведення аналізу впродовж декількох хвилин),

- *метод безперервної автоматичної реєстрації (найбільш перспективний, окрім того дозволяє в будь-який момент досить швидко одержати необхідні дані про загазованість повітря, але він потребує відносно складної та достатньо дорогої апаратури та газовимірювальних приладів для проведення аналізу.

Так, наприклад, відомий переносний автоматичний багатоканальний моноблочний прилад Innova 1412i фірми «Luma Sense Technologies A/S» (Данія) застосовують для вимірювань масової концентрації забруднюючих речовин та вологи в атмосферному повітрі населених пунктів, повітрі робочої зони приміщень і промислових викидах (рис.1).

Він має широке застосування в екологічних дослідженнях у європейських країнах. Вага засобу становить 9,0 кг, живлення від напруги 220 В, похибка вимірювань $\pm 20\%$, довжина кабелю - 99 м.

Автоматичне вимірювання концентрації речовин в атмосферному повітрі, в повітрі робочої зони, в промислових викидах, здійснює переносний моно-блоковий газоаналізатор «Еколаб», виробник - ТОВ «Екобіохім». Він має вагу 2,0 кг, живлення від напруги 12 В та має похибку вимірювань $\pm 20\%$. Прилад вимірює температуру, відносну вологість, атмосферний тиск повітря та концентрацію дев'яти забруднюючих газів (рис.2).



Рис. 1. Загальний вигляд приладу Innova 1412i.



Рис. 2. Загальний вигляд приладу «Еколаб».

Вимірювально-обчислювальний комплекс (ВОК) «Аналізатор повітряного середовища електронний моно-блоковий» (АПСЕ-М), розробник - Черкаська ДСБ НААН (Патент України на винахід №127047), здійснює автоматичне вимірювання концентрації речовин в атмосферному повітрі та повітрі робочої зони (вимірює температуру, відносну вологість, атмосферний тиск повітря, концентрацію семи забруднюючих газів) [13].

Крім того, ВОК АПСЕ-М вимірює освітленість, шумовий тиск і запиленість повітря дрібнодисперсним пилом трьох фракцій $PM_{1-2,5-10}$. Він має вагу 4,8 кг; живлення здійснюється від напруги 5 В, похибка вимірювань не більше $\pm 15\%$ (рис.3).



Рис. 3. Загальний вигляд ВОК АПСЕ-М.

3. Деякі способи зниження негативного впливу забруднюючих речовин на довкілля від невеликих об'єктів тваринництва

Знання закономірностей емісії деяких забруднювачів повітря впродовж періодів року, їх походження, масову концентрацію та динаміку надходження впродовж добового періоду є важливими для досягнення стабільної та належної якості повітря в приміщеннях, а отже, забезпечення високого добробуту утримання тварин.

Експериментальними дослідженнями встановлено вплив типу підлоги свинарника на величину коефіцієнта добової емісії аміаку. Так, коефіцієнт добової емісії аміаку за зимовий, весняний та осінній період у приміщенні зі щільною підлогою в станках був вірогідно меншим на 62,6% ($p < 0,001$; $td = 45,16$), 17,0% ($p < 0,001$; $td = 44,19$) та 43,5% ($p < 0,001$; $td = 71,18$) у порівнянні з приміщенням з бетонною підлогою. Однак, коефіцієнт добової емісії метану у свинарнику з бетонною підлогою в станках був вірогідно меншим від приміщення зі щільною на 76,1–286,9% ($p < 0,001$; $td = 110,44$).

На рис. 4-5 наведено графічний аналіз надходження основних ЗР із свинарників з різним типом підлоги в станках, який свідчить про суттєвий вплив даного паратипового чинника на величину їх надходження (від 1554,5 до 1745,2 г х добу⁻¹ на 100 кг ж. м.) та її структуру.

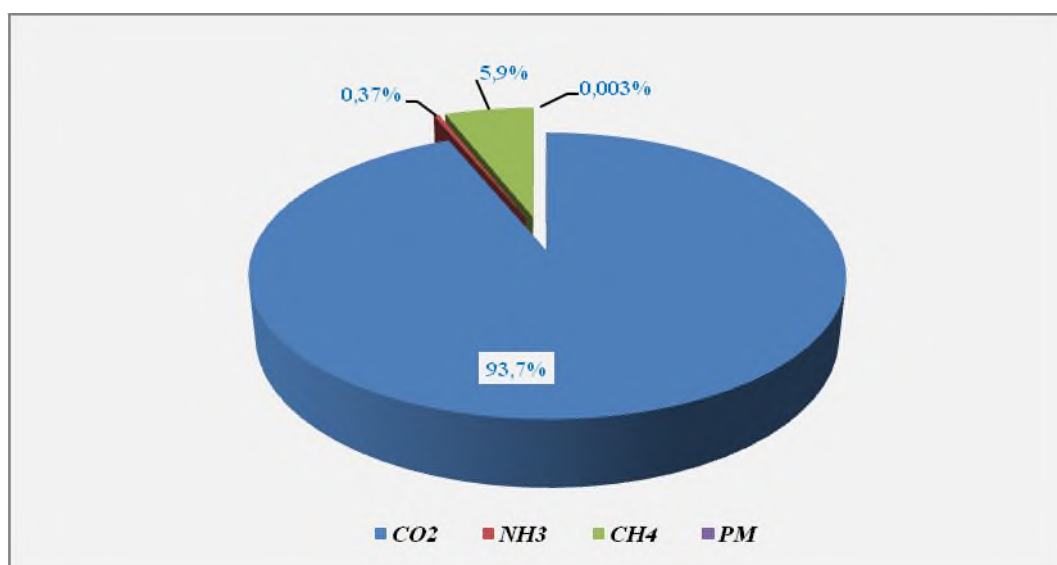


Рис. 4. Структура надходження основних ЗР (1554,5 гхдобу⁻¹ на 100 кг ж. м.) в атмосферне повітря від свинарника з бетонною підлогою станків, у середньому за чотири періоди року.

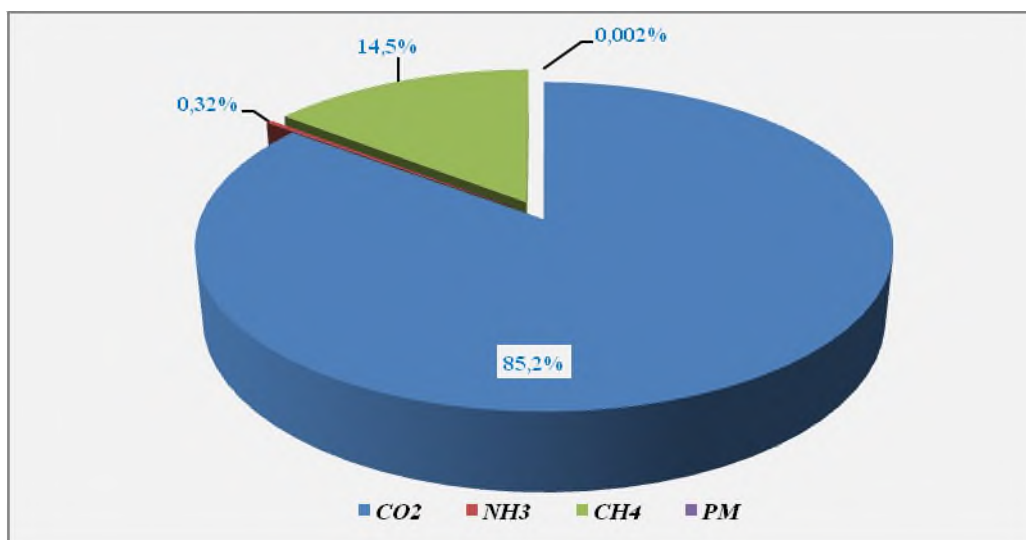


Рис. 5. Структура надходження основних ЗР ($1745,2 \text{ гхдобу}^{-1}$ на 100 кг ж. м.) в атмосферне повітря від свинарника зі щільною підлогою станків, у середньому за чотири періоди року.

Крім цього, графічний аналіз емісії парникових газів зі свинарників (рис. 6-7) з різним типом підлоги, свідчить про наявність сезонної та добової варіабельності цих показників.

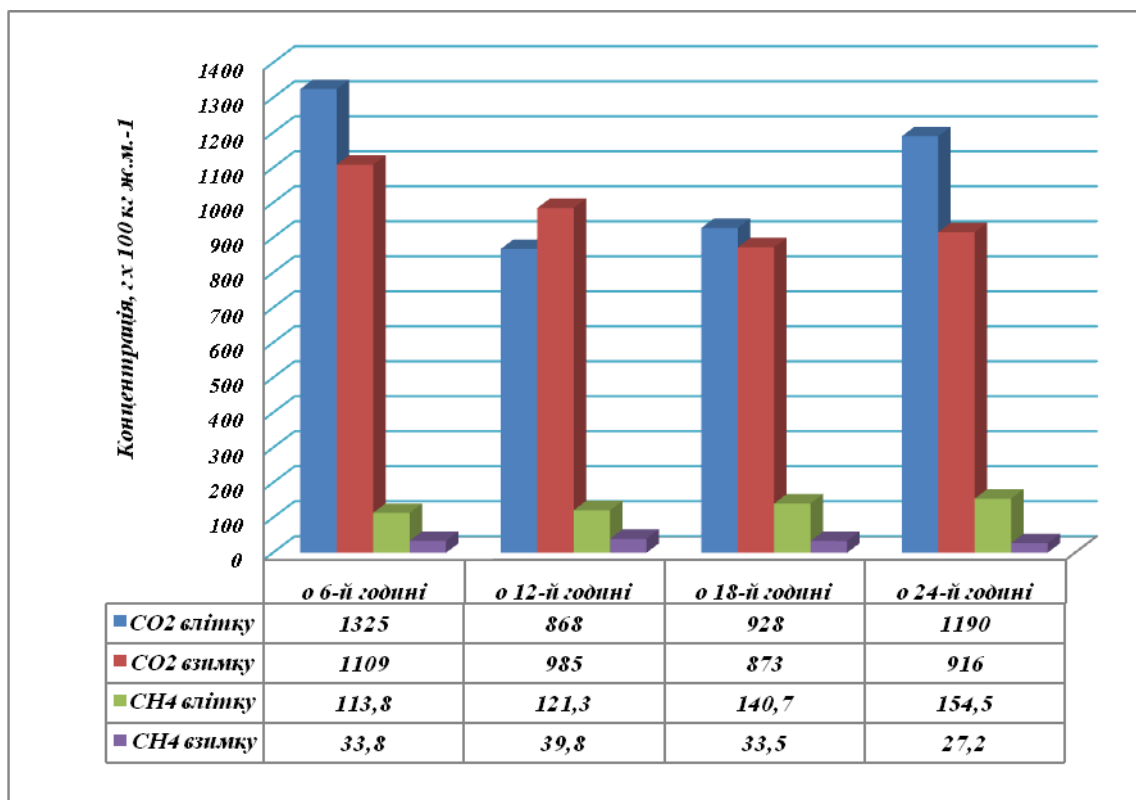


Рис. 6. Добові зміни емісії парникових газів за теплий і холодний період року з свинарника з бетонною підлогою станків.

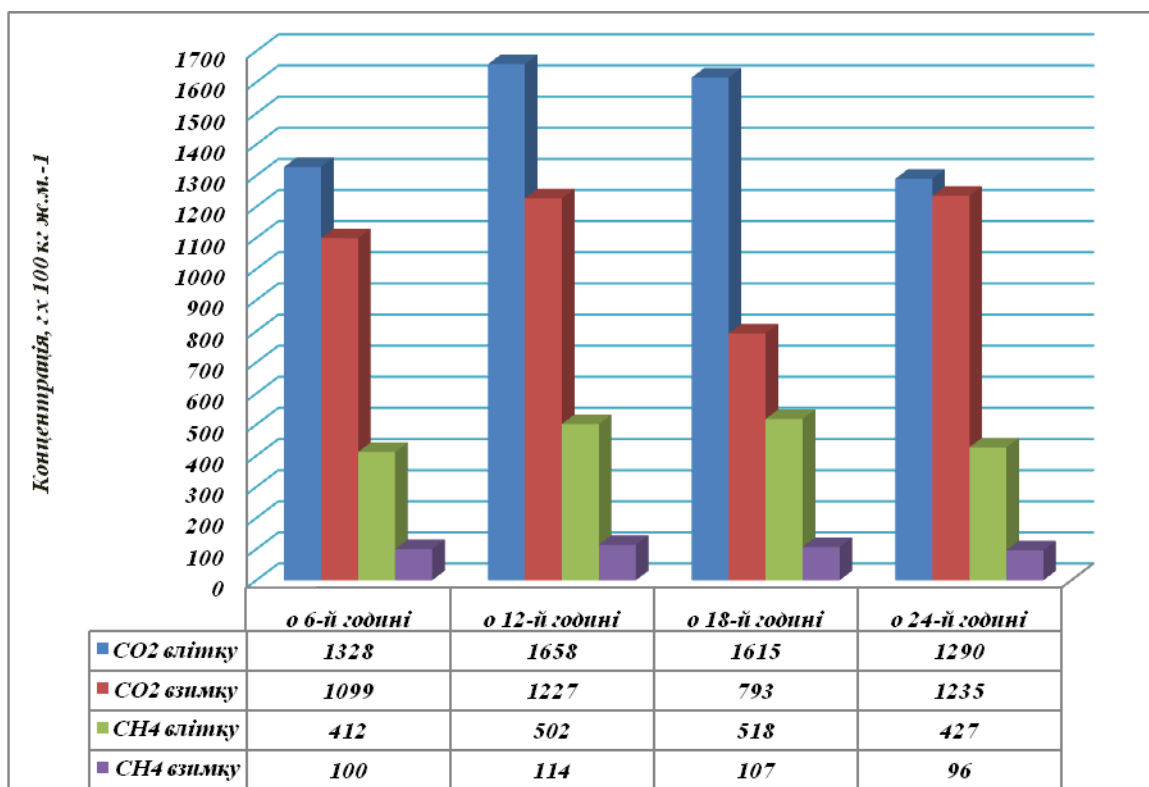


Рис. 7. Добові зміни емісії парникових газів за теплий і холодний період року з свинарника зі щілинною підлогою станків.

Так, на рис.7, показано суттєвий вплив щілинної підлоги в станках для утримання свиней на збільшення емісії метану майже в 3,1 рази з приміщення в зимовий та в 3,5 рази - у літній період року, в порівнянні з бетонною підлогою. Це пов'язано з особливостями технології само-сплавної системи накопичення і видалення гною в свинарнику з щілинною підлогою.

Установлено, що двократне видалення гною з приміщення свинарника з бетонною підлогою в станках (табл. 2) вірогідно знижувало середньорічні коефіцієнти емісії вуглекислого газу, аміаку та метану відповідно на 12,1% ($p < 0,001$; $td = 7,88$), 22,4 ($p < 0,001$; $td = 56,80$) та 13,5% ($p < 0,001$; $td = 12,95$) в атмосферне повітря.

Аналогічно, двократне видалення гною з приміщення крільчатника сприяло зниженню значень коефіцієнтів емісії в атмосферне повітря вуглекислого газу, аміаку та метану за періодами року на 1,8-20,8%, 1,3-24,8 та 4,2-29,2% відповідно.

Порівняльна характеристика коефіцієнтів добової емісії забруднюючих речовин, що виділяються з приміщення свинариика з бетонною підлогою і одно- та двократним видаленням гною в день, г х добу⁻¹ на 100 кг ж. м. (n= 240; M±m)

Забруднююча речовина, показник	Кратність	Період року:				Середньорічний коефіцієнт
		зимовий	весняний	літній	осінній	
CO ₂	1	1084±15,5	1696±11,0	1200 ±32,5	1848±33,6	1457±15,5
	2	1040±22,2	1534±13,7***	931±32,8***	1620±29,4***	1281±16,1***
td	x	1,62	9,22	5,83	5,11	7,88
±Емісія CO ₂ , %	до 1	-4,1	-9,6	-22,4	-12,3	-12,1
NH ₃	1	2,70±0,02	7,35±0,02	5,80±0,07	6,90±0,03	5,68±0,02
	2	2,56±0,02***	6,82±0,02***	3,34±0,05***	4,91±0,03***	4,41±0,01***
td	x	4,95	18,74	28,60	47,38	56,80
±Емісія NH ₃ , %	до 1	-5,2	-7,2	-42,4	-28,8	-22,4
CH ₄	1	34,2±0,38	94,2±1,09	124,5±1,14	114,3±1,21	91,8±0,46
	2	29,8±0,53***	83,1±0,89***	117,1±3,18*	87,6±0,64***	79,4±0,84***
td	x	6,75	7,89	2,19	19,50	12,95
±Емісія CH ₄ , %	до 1	-12,9	-11,8	-5,9	-23,4	-13,5
PM ₁₋₁₀	1	0,0417± 0,0011	0,0815± 0,0024	0,0499± 0,0008	0,0400± 0,0010	0,0533± 0,0009
	2	0,0327± 0,0011***	0,0818± 0,0025	0,0462± 0,0003***	0,0284± 0,0004***	0,0473± 0,0007***
td	x	5,78	0,09	4,33	10,77	5,26
±Емісія PM ₁₋₁₀ , %	до 1	-21,6	+0,4	-7,4	-29,0	-11,3

Примітка: * – достовірність відмінностей відносно однократного видалення гною на рівні $p < 0,05$; *** – достовірність відмінностей відносно однократного видалення гною на рівні $p < 0,001$.

Гігієнічну небезпеку в повітрі тваринницьких приміщень створюють оксид вуглецю, аміак, сірководень, а особливо пил та мікроорганізми. Згідно літературних даних [7] кількість мікробів у повітрі тваринницького приміщення є одним із головних критеріїв оцінки його гігієнічного стану і забруднювачем зовнішнього повітря мікрофлорою в пиловий фазі аерозолі.

Існує низка методів скорочення викидів ЗР з тваринницьких приміщень. Впродовж останніх десяти років підвищилось зацікавлення до використання озону в приміщеннях для тварин для покращення якості повітря. Ультрафіолетова фільтрація внутрішнього

повітря тваринницьких приміщень знайшла широке застосування у зв'язку з тим, що воно з небезпечними мікроорганізмами опромінюється, руйнується структура їх ДНК і отримується на виході стерильне повітря. Крім того, під впливом ультрафіолету органічні компоненти можуть розпадатися на воду та двоокис вуглецю, які не мають негативного впливу на живі організми [13, 14, 15].

У зв'язку з цим, нами були проведені дослідження з добового моніторингу питомих викидів забруднюючих речовин в зовнішнє повітря залежно від дії електрофізичного, хімічного та кормового факторів за періодами року. Для цього були задіяні: УФБ рециркулятор повітря РПБ 1,0-6/30 продуктивністю 1000 м³/год. (розробник ННЦ «ІМЕСГ»), озонатор промисловий продуктивністю 10 г/год., для створення концентрації озону 0,05 ppm/м³, кормова добавка гумінових кислот в кількості 4 г на 100 кг живої ваги молодняку кролів та 8 г на 100 кг живої ваги молодняку свиней.

Аналітичні дані свідчать про те, що коефіцієнти добової емісії забруднюючих газів і речовин значно варіювали за періодами року. Оцінка потенціалу використання ультрафіолету бактерицидного+озону низької концентрації (0,05ppm) в робочій зоні приміщення крільчатника та кормової добавки гумінових кислот, свідчить про переважно вірогідний їх вплив на показники емісії забруднюючих речовин у зовнішнє повітря. Зокрема, за середнім показником коефіцієнта добової емісії CO₂ максимальне зниження становило до 23,1%; NH₃ - до 59,3% і за PM₁₋₁₀ – до 68,9% в приміщенні крільчатника. Аналогічно в свинарнику максимальне зниження за середнім показником емісії становило: до 10,3% за CO₂; до 34,7% за NH₃ і до 24,5% за PM₁₋₁₀ [14]. Виняток становив середній показник коефіцієнта добової емісії CH₄, який збільшувався до 62,6% у приміщенні крільчатника і до 26,1% у приміщенні свинарника. Слід наголосити про те, що коефіцієнт добової емісії CH₄ вірогідно збільшувався також за згодовування кролям кормової добавки гумінових кислот на 14,4-34,2%, у перші 48 годин застосування. Отже, уведення кормової добавки мало також метано-стимулюючу дію на мікрофлору кишківника кролів [15].

За одночасної дії (УФБ+O₃+ Гк) коефіцієнт добової емісії CH₄ вірогідно збільшувався у приміщенні крільчатника та свинарника на 14,4-41,3% та 8,0-45,0% відповідно.

Проте, необхідно зазначити про те, що за даними Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (IPCC, 2005), внесок газу метану (CH₄) в тепловий ефект є менш значним, ніж закису азоту (N₂O), який має потенціал щодо процесу потепління відповідно в 12,9 разів більший та утворюється з аміаку що сприяє непрямим викидам N₂O.

Дані табл. 3 свідчать про те, що обробка внутрішнього повітря приміщень ультрафіолетом бактерицидним в поєднанні з озонуванням вірогідно забезпечила зниження загального мікробного числа КУО у розрахунку на 1м³ внутрішнього повітря на 43,5-59,5% [14].

Таблиця 3

Загальне мікробне число внутрішнього повітря тваринницьких приміщень та зовнішнього, M±m, n=3

Точка відбору, ГДК і ефект	Тип приміщення	ЗМЧ, КУО/м ³	Тип приміщення	ЗМЧ, КУО/м ³
Період року	Весняний			
Дослід 1	свинарник	11307±1990	крільчатник	5626±2466
Дослід 2	свинарник	18080±1432	крільчатник	18907±2506**
Дослід 3	свинарник	44693±10703	крільчатник	33467±1230
Зниження ЗМЧ, %	свинарник	59,5	крільчатник	43,5
Період року	Літній			
Дослід 1	свинарник	5307±748	крільчатник	773±71
Дослід 2	свинарник	18053±969*	крільчатник	16830±3770
Дослід 3	свинарник	32293±4781	крільчатник	31253±8621
Зниження ЗМЧ, %	свинарник	44,1	крільчатник	46,1
Період року	Осінній			
Дослід 1	свинарник	7147±555	крільчатник	2293±731
Дослід 2	свинарник	29333±3299**	крільчатник	10907±1706*
Дослід 3	свинарник	53867±2892	крільчатник	20613±1478
Зниження ЗМЧ, %	свинарник	45,5	крільчатник	47,1
ГДК, тис. КУО/м ³	свинарник	до 50-70	крільчатник	до 50-70

Примітка: Дослід 1 – зовнішнє повітря в зоні повітро-забірної каналу; Дослід 2 - внутрішнє повітря приміщення за дії ультрафіолету бактерицидного+озону (УФБ+O₃); Дослід 3 - внутрішнє повітря приміщення без впливу (УФБ+O₃); ЗМЧ -

загальне мікробне число; *КУО/м³* – колоній утворюючих організмів у розрахунку на 1м³ повітря; ** – $p \leq 0,01$ дослід 2 порівняно з дослідом 3.

Виняток становило внутрішнє повітря свинарника у весняний та крільчатника в літній період року (у які зниження загального мікробного числа КУО було невірогідним). Отже, знезараження внутрішнього повітря приміщень для утримання кролів і свиней ультрафіолетовим опроміненням у поєднанні з бактерицидною дією озону та згодовування тваринам кормової добавки гумінових кислот суттєво вплинули на установлену рівновагу мікробних систем кишківників у тварин. У результаті цього проявилась деяка активація метаногенних систем мікроорганізмів, що спостерігалось в наших дослідженнях за всіма періодами року.

Висновки.

1. Коефіцієнти добової емісії аміаку із свинарників в атмосферне повітря за зимовий, весняний, літній та осінній періоди, визначені інструментально, були більшими відповідно в 1,5 рази, 4,6 рази 5,7 та 3,7 рази від розрахункових, а дрібнодисперсного пилу (PM₁₋₁₀) - були меншими відповідно в 40-67; 24-35; 43-53 та 36-50 раз.

2. Визначено коефіцієнти добової емісії вуглекислого газу і метану, від приміщень для свиней, які становлять 1471г х добу⁻¹ і 173 г х добу⁻¹ на 100 кг ж. м. відповідно та від приміщень для кролів - відповідно 1250 г х добу⁻¹ і 40 г х добу⁻¹ на 1 ц живої маси тварин.

3. Коефіцієнти добової емісії аміаку в свинарнику зі щілинною підлогою станків за зимовий, весняний та осінній період були вірогідно меншими на 62,6%, 17,0% та 43,5% ($p < 0,001$) у порівнянні з бетонною. Однак, коефіцієнти добової емісії метану були вірогідно більшими на 76,1–286,9% ($p < 0,001$), що пов'язано з особливостями технології само-сплавної системи накопичення і видалення гною.

4. Двократне видалення гною з приміщення свинарника з бетонною підлогою станків вірогідно знижувало середньорічні коефіцієнти емісії вуглекислого газу, аміаку та метану відповідно на 12,1%, 22,4 та 13,5% ($p < 0,001$). Аналогічно двократне видалення гною з приміщення крільчатника вірогідно знижувало показники середньо-

річних коефіцієнтів емісії вуглекислого газу, аміаку, метану відповідно на 8,4%, 7,9%, 17,8% ($p < 0,001$), проте збільшувало середньорічний коефіцієнт емісії дрібнодисперсного пилу на 3,9% ($p < 0,05$).

5. Коефіцієнти добової емісії забруднюючих газів і речовин з тваринницьких приміщень у зовнішнє повітря значно варіювали за періодами року.

6. Оцінка потенціалу використання ультрафіолету бактерицидного+озону низької концентрації в робочій зоні приміщень крільчатника і свинарника та кормової добавки гумінових кислот, свідчить про переважно вірогідний їх вплив на зниження показників емісії забруднюючих речовин у зовнішнє повітря.

7. Обробка внутрішнього повітря приміщень крільчатника і свинарника ультрафіолетом бактерицидним+озоном низької концентрації, за періодами року, вірогідно забезпечила зниження загального мікробного числа КУО на 43,5-59,5%, у розрахунку на 1м^3 внутрішнього повітря, проте, в результаті цього, проявилась активація метаногенних систем мікроорганізмів кишківників тварин.

Пропозиції виробництву. 1. Рекомендувати двократне видалення гною з тваринницьких приміщень, як ефективний захід зниження емісії ЗР у зовнішнє повітря.

2. Рекомендувати застосування УФБ рециркулятора повітря РПБ 1,0-6 (Україна) та Озонатора іонізатора 220V для очищення внутрішнього повітря тваринницьких приміщень безпосередньо у складі витяжних вентиляційних систем. При цьому концентрацію озону можна збільшити до 3-5 ppm.

4. Поширені способи скорочення викидів забруднюючих речовин від об'єктів тваринництва

Основними причинами, що зумовлюють незадовільний стан якості атмосферного повітря в населених пунктах, спричиняють концентрацію парникових газів в атмосфері, є недотримання суб'єктами господарювання норм природоохоронного законодавства та низькі темпи впровадження новітніх технологій. З метою поліпшення якості атмосферного повітря та посилення реагування на наслідки зміни

клімату і досягнення цілей сталого низьковуглецевого розвитку всіх галузей економіки, Україна має забезпечити виконання ратифікованих міжнародних документів щодо протидії зміні клімату та поліпшення якості атмосферного повітря.

Аналіз наукових досліджень свідчить про те, що **склад кормових раціонів з високим вмістом клітковини** впливає на викиди забруднюючих речовин від об'єктів тваринництва. Так, у дослідженнях Філіп, Ф.Х., Лайтат, М., Ваврей, Ж., Нікс, В.1, Кабаро, Ж.Ф. вимірювались газоподібні викиди які утворювались у період відгодівлі свиней на кормових раціонах з високим вмістом клітковини (ВВК) на основі високо волокнистих злаків та м'якоті цукрових буряків за утримання тварин на повністю решітчастій підлозі. При застосуванні раціону з ВВК спостерігали зменшення відгодівельної продуктивності тварин (114,7 проти 126,4 кг живої маси на забій або 837г проти 962 г для середньодобового приросту). У свиней, яким згодовувався раціон з ВВК, газоподібні викиди на свиню були значно нижчими для аміаку (NH_3) (-30%, 6,64 проти 9,47 г/день; $P < 0,05$), проте, значно більшими для метану (CH_4) (+ 40%, 4,60 проти 6,46 г/добу; $P < 0,05$). На викиди закису азоту (N_2O) (0,34 г/день), еквівалентного діоксиду вуглецю (CO_2eq) (0,27 кг/день), вуглекислого газу (CO_2) (1,68 кг/день) та водяної пари (H_2O) (2,11 кг/день) дієта суттєво не вплинула. В результаті раціон з ВВК, дозволяє зменшити викиди NH_3 , але збільшує викиди CH_4 . Однак, автори наголошують, що з точки зору зміни клімату це збільшення було компенсовано зменшенням непрямих викидів N_2O внаслідок зменшення викидів NH_3 , на що вказували подібні викиди CO_2 в обох групах.

Для кишкового бродіння у жуйних тварин ключовими факторами є **склад корму і генетика**. Більш легкозасвоювані корми зменшують кількість CH_4 . Компоненти корму, такі як ліпіди або ефірні масла, можуть зменшити виробництво CH_4 за рахунок інгібування. Генетичні особливості також впливають на кількість виробленого CH_4 і можуть бути змінені за допомогою генетичного відбору тварин (Hassouna, M., Calvet, S., Gates, R., Hayes, E., & Schrade, S., 2020).

Видалення гною з тваринницьких приміщень механічними засобами сприяє викидам NH_3 , адже змішує гній і сечу та розподіляє суміш на більшу поверхню. Оскільки гідрозмив не залишає плівки сечі/калу, це може зменшити викиди NH_3 порівняно зі скребковою системою видалення гною приблизно на 70% (Kroodsma et al., 1993).

Дієвим та простим методом зменшення виділення азоту в довкілля за допомогою вивільнення леткого NH_3 є **підкислення виділень сечі з калом**. Підкислення мінеральними кислотами сприяло значному зменшенню викидів NH_3 протягом повного циклу, від зберігання гною (до 80% зменшення) до внесення в ґрунт (67% зменшення), одночасно збільшивши еквівалент мінерального добрива внесеного з гною на 43% (Kai et al., 2008). Таким чином, найбільш широко досліджувана стратегія зменшення викидів NH_3 (і деяких летких органічних сполук ЛОС) полягає у **зменшенні вмісту білка в кормовому раціоні** до кількості, необхідної для росту/підтримки та лактації, оскільки на білок припадає основна частина кормового азоту. Згідно з результатами досліджень Fernando Estellés, María Cambra-López, Ana Jiménez, Salvador Calvet (2014) **застосування суперфосфату кальцію** (з нормою 100 г/м^2 на тиждень у гнойову яму) зменшувало викиди аміаку з кролячого гною на 33% ($P < 0,05$). Додаток також може бути потенційно ефективною для інших видів, але необхідні додаткові дослідження для вивчення її ефективності [40].

На основі аналізу літературних даних можна зробити деякі важливі висновки. По перше, кількісне визначення невизначеності в вимірюванні викидів не можна не помітити при оцінці ефективності методів пом'якшення наслідків або порівняння результатів з літературними. По-друге, потрібно розробити на міжнародному рівні стандартизовані методи, адаптовані до різних умов розведення (клімат, управління практики, види тварин тощо) для порівняння літературних результатів та національних кадастрів. На цьому рівні необхідно досягти міжнародного консенсусу та вибрати відповідні методи.

При проведенні власних досліджень, аналізу європейського та вітчизняного досвіду щодо впровадження заходів зменшення негативного впливу діяльності суб'єктів господарювання з розведення

та утримання сільськогосподарських тварин на довкілля, зокрема на атмосферне повітря можна зробити наступні **висновки**:

1. Здійснення розділення твердої та рідкої фракції відходів (гною), проведення сепарації, дозволяє суттєво скоротити викиди забруднюючих речовин. В результаті даного заходу рідка фракція не буде містити зважених частинок, припиниться процес розкладання твердих частинок гною, що в свою чергу дозволить скоротити утворення неприємних запахів.

2. Організація накриття місць зберігання твердого гною торфом, деревною стружкою, або соломною, дозволить створити так званий фізичний бар'єр та зменшити вивільнення аміаку з гною в повітря майже на 50 відсотків.

3. Для зменшення аміачних викидів з гною рідкої фракції необхідно здійснювати підкислення (зниження рівня рН) для зв'язування аміаку сірчаною кислотою.

4. Зберігання рідкої фракції гною у накопичувачі (резервуарі) з щільною кришкою або тентом, це один із найпростіших методів зменшення викидів метану, сірководню та неприємного запаху. За умови герметичного зберігання рідкого гною, необхідно передбачати встановлення дихальних клапанів, щоб запобігти накопиченню горючих газів, в тому числі і метану.

5. Забезпечення комбінації корму для свиней. Загалом, багатофазний режим годування зазвичай застосовується для відгодівлі свиней, а також використовуються кормові добавки з метою зменшення кількості ЗР у гноївці.

6. Впровадження належної системи очищення повітря приміщень для утримання тварин, а також приміщень для зберігання та обробки кормів за допомогою встановлення спеціальних засобів чи фільтрів у припливно-витяжній вентиляції.

7. За допомогою видалення гною гідро-змивною чи само сплавною системою краще видаляються тверді частки та досягається значне зменшення викидів аміаку.

8. Біофільтри застосовують для зменшення концентрації аміаку, твердих часток та неприємного запаху (здебільшого застосовують для приміщень, де немає підстилки).

9. Установки для очищення повітря (сухий тип очищення) використовують для зменшення викидів твердих частинок пилу.

Очищення та знешкодження технологічних викидів необхідно вирішувати у випадках, коли в результаті розрахунків або проведення вимірювань виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

5. Огляд спільної сільськогосподарської політики на території країн Євросоюзу

На території країн Євросоюзу (ЄС) застосовується спільна сільськогосподарська політика, завдяки якій фермери отримують фінансову підтримку. Мета політики полягає у збереженні сільськогосподарського виробництва, як джерела основних продуктів харчування, і зменшенні його негативного впливу на ландшафт і навколишнє середовище. Спільна сільськогосподарська політика базується на двох основних стовпах. Перший із них передбачає прямі виплати, а другий – програми сільського розвитку. Прямі виплати фермерам пов'язані з виконанням багатьох вимог необхідних для отримання допомоги ЄС в рамках механізму, який ставить прямі виплати у залежність від дотримання фермерами основних стандартів щодо довкілля, безпеки харчових продуктів, здоров'я і благополуччя тварин і рослин, а також вимоги щодо збереження землі у належному сільськогосподарському й екологічному стані.

Програми розвитку сільського господарства також підпадають під вищезазначені вимоги у випадку проведення стратегічної оцінки впливу на довкілля (СЕО) і погоджуються Європейською Комісією (кожна країна готує свою власну програму). За допомогою програм розвитку сільського господарства фермери та підприємці можуть фінансувати, наприклад, модернізацію своїх сільськогосподарських підприємств. Основні вимоги для отримання прямих виплат визначено регламентом Ради №73/200944.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» зі змінами 2023 рік №2707-ХІІ від 16 жовтня 1992.
2. Закон України «Про Про Національний реєстр викидів та перенесення забруднювачів» № 2614-ІХ від 20 вересня 2022 року.
3. Список гранично допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовних безпечних рівнів діяння (ОБРД) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць.
4. Типова методика визначення питомих викидів від основних виробництв по галузях промисловості. Основні положення. - Київ: Мінекоресурсів України, 2000)
5. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами (2004). УНЦТЕ. Донецьк Том III.
6. Питомі показники викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від основних виробництв промисловості та сільського господарства (2001) Київ, Мінекоресурсів України.
7. Бащенко М.І., Іонов А.І., Гончар О.Ф. та ін. (2013). Довідник хімічного складу і поживності кормів в ґрунтово-кліматичних умовах Черкаської області. Черкаська ДСБ НААН, 2013. 260 с.
8. Волощук В.М., Небилиця М.С., Ващенко О.В., Мазанько О.М. (2016). Інноваційний спосіб моніторингу показників мікроклімату тваринницьких приміщень. Методичні рекомендації. 2016. Черкаська ДСБ НААН.
9. ВНТП – АПК -02.05 Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми).
10. Керівництво ЕМЕП/ЕАОС по інвентаризації викидів. (Загальні керівні вказівки по підготовці національних інвентаризацій викидів).
11. Методичні рекомендації розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від малих свинарських ферм. Черкаси: Черкаська дослідна станція біоресурсів НААН. 2022. 20 с.
12. Методичні рекомендації зі скорочення викидів аміаку з сільськогосподарських джерел. К , 2016. 31с
13. Небилиця М.С., Бойко О.В., Онищенко Р.О. (2019). Розподілена система контролю мікроклімату тваринницьких приміщень. Свинарство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. ТОВ «Фірма «Техсервіс», 2019. 72. С. 36-46.
14. Небилиця М.С., Бойко О.В., Осокіна Т.Г. (2023). Визначення емісії забруднюючих речовин з крільчатника в атмосферне повітря залежно від дії деяких паратипових факторів. Інтернет публікація матеріалів міжнародної науково-практичної конференції. «Кролівництво і хутрове звірівництво: проблеми, перспективи та інновації». 2023. С.78-81. DOI:<https://doi.org/10.31073/abg.65.03>.
15. Небилиця М.С., Гавриш О.М., Осокіна Т.Г. (2023). Порівняльна оцінка санітарно-гігієнічних норм утримання кролів за різних паратипових факторів.

Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вплив змін клімату на здоров'я, добробут і продуктивність сільськогосподарських тварин» 18.05.2023. Одеса: Олді. С. 33-39.

16. Небилиця М.С., Бойко О.В., Онищенко Р.О., Ващенко О.В. (2023). Аналізатор повітряного середовища електронний. Патент на винахід 127047 Україна: МПК G01N 27/416 (2006.01), G01N 27/27 (2006.01), G01N 19/10 (2006.01). № а 2017 12586; заявл. 18.12.2017; опубл. 29.03.2023, Бюл. № 13.

17. Бойченко С.Г. (2002). Динаміка вмісту закису азоту в земній атмосфері. Наук. праці УкрНДГМІ. 2002. Вип. 250.

18. Харпер Л.А. (2011). Мікрометеорологічні методи вимірювання кишкових викидів парникових газів. Наука та технологія кормів для тварин. 2011, 166-167:227-239.

19. Чунг М.Й. (2010). Оцінка викидів неметанових летких органічних сполук (НМЛОС) від молочних підприємств. Атмос Env. 44: 786-794.

20. Фідлер, А.М., Мюллер Х.-Ж.. (2011). Викиди аміаку та метану з приміщень з природною поперечною вентиляцією. Zeitschrift 20: 59-65.

21. Філіпі Дж., Б. Румбург, Г. Маунт, Х. Вестберг, Б. Лемб. (2006). Ідентифікація та кількісне визначення летких органічних сполук з молочної галузі. Атмос Env. 40: 1480-1494.

22. Флеш Т. К., Л. А. Гарпер, Дж. М. Пауелл, Дж. Д. Вілсон. (2009). Розрахунок зворотної дисперсії викидів аміаку з молочних ферм WI. Транс. ASABE 52: 253-265.

23. Murray RM, Bryant AM, Leng RA. (1976). Показники продукції метану в рубці та товстому кишечнику овець. Британський журнал харчування. 1976, 36(1):1-14

24. Харпер, Л.А. та ін. (2009). Викиди аміаку від виробництва молочних продуктів у штаті Вісконсин. J. Dairy Sci. 92: 2326-2337.

25. Христов А.Н., М. Ханіган. (2011). Огляд: Викиди аміаку з молочних ферм та кормів для великої рогатої худоби.. J. Anim. Наук. 91: 1-35.

26. Вацлав Орцігр та ін. (2017). Аналітичний документ «Аналіз гармонізації стандартів промислового сільського господарства ЄС у державі-члені Східного Партнерства». Прага – Київ. 2017.

27. Левтем А.В. (2011). Викиди аміаку, метану, вуглекислого газу та азоту оксид із систем утримання та переробки гною для молочної худоби. J. E. Якість 40: 1383.

28. Монтені Дж. (1998). Викиди аміаку від будівель молочних корів: огляд методи вимірювання, фактори впливу та можливості зменшення. Голландія Дж. Ag. Наук. 46: 225-247.

29. Філліпс В.Р. (1998). Викиди аміаку з молочного корівника, Великобританія., Біорес. Тех. 65: 213-219.

30. Ролстон Д. (1986). Газовий потік.:Методи аналізу ґрунтів. Медісон, Вісконсин: Американське товариство агрономії. 1986.

31. Циммерман Р. Бюро патентів і товарних знаків США, пат.№ 5,265,618. Система для вимірювання метаболічних викидів газів від тварин. 1993.

32. Еклунд Б. (1992). Практичні вказівки щодо вимірювання швидкості неконтрольованих летких органічних викидів у камері потоку. Журнал Асоціації управління повітрям та відходами. 1992, 42 (12):1583-1591.

33. Богнер Дж. Е., Спокас К.А., Бертон Е.А. (1997). Кінетика окислення метану в покривному ґрунті сміттєзвалища: часові варіації, весь експеримент з окислення сміттєзвалища та моделювання чистих викидів CH_4 . Екологічна наука та технології. 1997, 31(9):2504–2514.

34. Лаубач М. (2004). Вимірювання рівнів викидів метану стадом молочних корів двома мікро метеорологічними методами. Сільськогосподарська та лісова метеорологія. 2004, 125 (3-4): 279-303.

35. Hassouna, M., Calvet, S., Gates, R., Hayes, E., & Schrade, S. (2020). Measurement of Gaseous Emissions from Animal Housing. In Holden, N. M., Wolfe, M. L., Ogejo, J. A., & Cummins, E. J. (Ed.), Introduction to Biosystems Engineering. https://doi.org/10.21061/IntroBiosystemsEngineering/Gaseous_Emission

36. Скряга А.В. Екологічна небезпека сірководню. НТУ «Дніпровська політехніка» Матеріали 78-ї студентської науково-технічної конференції «Тиждень студентської науки» С.297-299.

37. Саранчук В.І., Ільяшов М.О., Ошовський В.В., Білецький В.С. (2008). Основи хімії і фізики горючих копалин. - Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. 640 с.

38. Запорожець О. (2015). Елементи сучасної урбоекології: Навчальний електронний посібник / О. Запорожець, Я. Мовчан, В. Гавриленко, Р. Гаврилюк, А. Гай, Д. Гулевець [та ін.] - К., НАУ, 2015. 265 с.

39. Білецький В.С. та ін. (2004). Мала гірнича енциклопедія. У 3т. за ред. В.С.Білецького. Д. Донбас, 2004. ISBN 966-7804-14-3.

40. Fernando Estellés, María Cambra-López, Ana Jiménez, Salvador Calvet (2014). Evaluation of calcium superphosphate as an additive to reduce gas emissions from rabbit manure. World Rabbit Science 22(4):279. DOI:[10.4995/wrs.2014.3223](https://doi.org/10.4995/wrs.2014.3223).

**Зменшення негативного впливу забруднюючих речовин
на довкілля від невеликих об'єктів тваринництва**

Наукове видання

**Олександр БОЙКО
Микола НЕБИЛИЦЯ
Олександр ГАВРИШ
Олексій ГОНЧАР
Тетяна ОСОКІНА**

Автори будуть вдячні за відгуки, які можна надіслати
за адресою:

Черкаська дослідна станція біоресурсів НААН,
вул. Пастерівська, 76, м. Черкаси, 18007
e-mail: bioresurs.ck@ukr.net

Підписано до друку 16.01.2024. Формат 60x84 ¹/₁₆
Наклад 300 прим. Папір офсетний.
Оригінал-макет виконано в ЧДСБ НААН
18036 м. Черкаси, вул. Пастерівська, 76

Видавець Чорнобаївське комунальне поліграфічне підприємство
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців
Серія ДК № 3791 від 27.05.2010 року
Друк Чорнобаївське комунальне поліграфічне підприємство
19900, Україна, смт. Чорнобай, вул. Центральна, 211
Тел. (04739) 2-26-42; E-mail: printh1932@urk.net